С. П. ГРИГОРЬЕВ
В. С. ГРИГОРЬЕВ

# ПРАКТИКА КООРДИНАТНО-РАСТОЧНЫХ И ФРЕЗЕРНЫХ РАБОТ





С. П. ГРИГОРЬЕВ
В. С. ГРИГОРЬЕВ

# ПРАКТИКА КООРДИНАТНО-РАСТОЧНЫХ И ФРЕЗЕРНЫХ РАБОТ

*Допущено Министерством приборостроения, средств автоматизации и систем управления СССР в качестве учебного пособия для повышения квалификации токарей, токарей-расточников и фрезеровщиков*






Москва «Машиностроение» 1980

ББК 34.632.5
Г 83
УДК Δ 621.9.04:621.952.5 + 621.914.1

Редактор канд. техн. наук **М. И. Юликов**
Рецензент инж. **Г. М. Рыбаков**

Общественные рецензенты: Заслуженный деятель науки и техники, д-р техн. наук проф. **Г. И. Погодин-Алексеев**, канд. техн. наук **Ю. П. Ромадин**, канд. техн. наук **В. П. Пупынин**, канд. техн. наук **К. Г. Громаков**, инж. **В. И. Бойко**, Герой социалистического труда, лауреат Государственной премии СССР **В. Д. Дрокин**, токарь-универсал, лауреат Государственной премии СССР **В. Н. Трутнев**, фрезеровщик-универсал **Ю. М. Кряжев**.

**Григорьев С. П., Григорьев В. С.**
Г83 Практика координатно-расточных и фрезерных работ: Учеб. пособие для токарей, токарей-расточников и фрезеровщиков.—М.: Машиностроение, 1980.—232 с., ил.

В пер.: 70 к.

Г $\frac{31207\text{-}602}{038(01)\text{-}80}$ 105-79. 2704040000 ББК 34.632.5 6П4.6



# ПРЕДИСЛОВИЕ

Коммунистическая партия поставила перед советским народом грандиозную цель — построение коммунистического общества, для достижения которой необходимо решить главную экономическую задачу — создание материально-технической базы коммунизма.

Решение данной задачи предполагает высокие темпы роста промышленного производства, при этом основная доля прироста промышленной продукции должна быть обеспечена за счет повышения производительности труда. Большая роль в успешном выполнении этой задачи принадлежит изобретателям и рационализаторам.

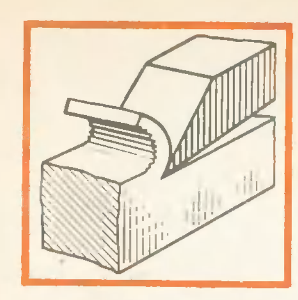
Коммунистическая партия придает большое значение деятельности новаторов, изобретателей и рационализаторов. На современном этапе научно-технической революции широкое и своевременное использование в народном хозяйстве научных открытий, изобретений, рационализаторских предложений играет важную роль в ускорении темпов технического прогресса. Научно-техническая и изобретательская мысль должна стать мощным орудием в деле создания и внедрения новой техники, организации новых видов производства, новых методов использования сырья. Результаты творчества изобретателей и рационализаторов, ударный труд советских людей открывают новые резервы повышения эффективности общественного производства, роста производительности труда, улучшения качества продукции.

Органическое сочетание интересов Советского государства, всего социалистического общества с интересами непосредственных создателей новой техники делает научное и техническое творчество в нашей стране особенно продуктивным, направленным на решение наиболее важных народнохозяйственных проблем.

Авторы книги делятся своим опытом и опытом других новаторов производства в области координатно-расточных и фрезерных работ.

В книге подробно изложены новейшие практические методы и приемы обработки деталей штампов и пресс-форм сложных профилей на координатно-расточных и фрезерных станках, ускоряющие и облегчающие их изготовление; приведены технологические расчеты для профилей деталей, обрабатываемых на координатно-расточных и фрезерных станках. В книге в доходчивой форме изложены краткие сведения об организации рабочих мест токаря-расточника и фрезеровщика, а также оснащении их рабочих мест вспомогательным и контрольно-измерительным инструментом и приспособлениями. В приложениях приведены данные, необходимые для определения марок сталей по искре, температур термической обработки по цветам побежалости, а также приведены значения тригонометрических функций различных углов, необходимые для набора концевых мер при настройке синусных линеек на координатно-расточных и фрезерных станках.

Книга может быть использована как токарями-расточниками и фрезеровщиками, так и производственными мастерами предприятий инструментальной, машиностроительной и приборостроительной промышленности.



Глава 1

# ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О РЕЗАНИИ МЕТАЛЛОВ И ИНСТРУМЕНТАХ

## § 1. Основные сведения о резании металлов

Обработка металлов резанием представляет собой метод формообразования деталей заданных размеров посредством удаления с заготовки слоя металла с помощью режущего инструмента.

Режущая часть инструмента по форме представляет клин (рис. 1), где α — задний угол; γ — передний угол; β — угол заострения. Под действием приложенной силы режущая кромка инструмента внедряется в металл и вначале упруго деформирует определенный объем материала. При дальнейшем внедрении инструмента упругая деформация переходит в пластическую, происходит сдвиг определенного объема срезаемого слоя, в результате чего образуется стружка.

Русским ученым И. А. Тиме была предложена следующая классификация стружки по типам: элементная, суставчатая, надлома и сливная. *Элементная* стружка (рис. 2, *а*) состоит из отдельных элементов неправильной формы, слабо связанных между собой. В *суставчатой* стружке (рис. 2, *б*) элементы образуют отдельные углообразные звенья и крепко связаны между собой. При фрезеровании хрупкого металла, например чугуна или бронзы, отделяемая стружка (рис. 2, *в*) состоит из кусочков металла неправильной формы (элементов), похожих на чешуйки. Такую стружку называют *стружкой надлома*; что касается *сливной стружки* (рис. 2, *г*), то основным ее признаком является непрерывность. При свободном сходе с передней поверхности режущей кромки стружка завивается в спираль до тех пор, пока не отломится.

Тип стружек во многом зависит от твердости и прочности обрабатываемого материала, физико-механических свойств, а также от условий его обработки. Характер стружки зависит от твердости и прочности обрабатываемого материала. Так, например, при термически обработанной заготовке образуется элементная стружка, а при термически необработанной — сливная.

Для оценки условий обработки материалов следует знать основную характеристику стружки — усадку. Если рассматривать геометрические размеры стружки (см. рис. 1), то окажется, что при снятии данной стружки ее длина $l_c$ меньше $l$ длины, а толщина больше толщины срезаемого слоя ($a_c > a$).

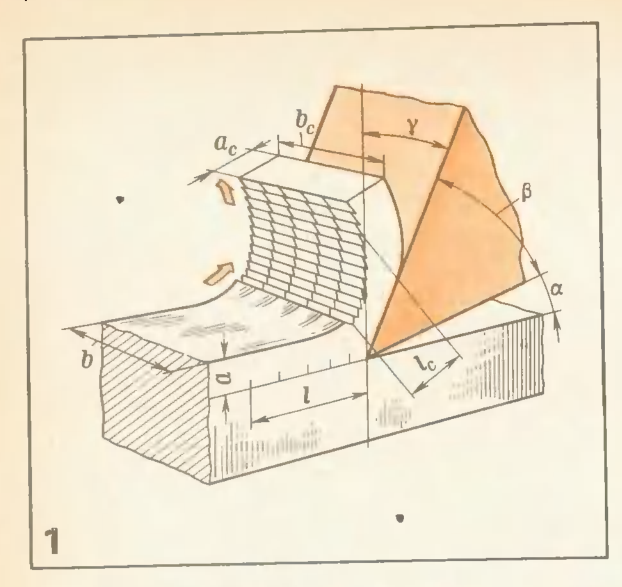



**Рис. 1.**
**Схема врезания режущего клина в металл**

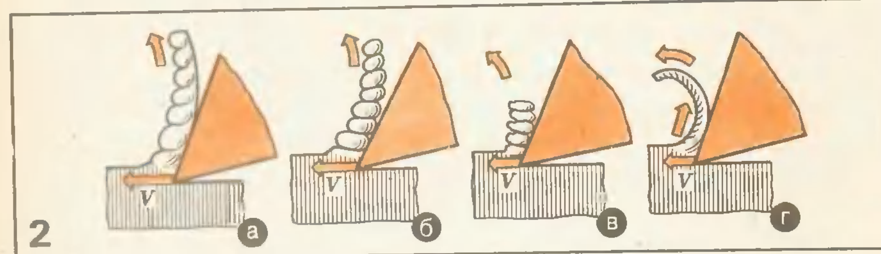



**Рис. 2.**
**Виды стружек:**
а — элементная; б — ступенчатая; в — надлома; г — сливная

Явление укорочения стружки по длине принято называть продольной усадкой стружки, величина которой характеризуется коэффициентами продольной усадки $k = \frac{l}{l_c}$, утолщения $f = \frac{a_c}{a}$ и уширения $\xi_b = \frac{b_c}{b}$.

Величина усадки является важной характеристикой процесса резания и зависит от физико-механических свойств обрабатываемого металла, режимов резания, геометрии режущей части инструмента и ряда других факторов.

**Элементы режима резания**. Для осуществления процесса превращения заготовки в деталь необходимо, чтобы заготовка и режущий инструмент перемещались относительно друг друга; при этом различают главное движение, характеризующее скорость отделения стружки, и движения подач.

При обработке на токарных станках главным движением является вращение заготовки, а на фрезерных и расточных станках — вращение инструмента. Скорость этого вращения называют скоростью резания ($v$, м/мин).

Таким образом, скорость резания выражает путь, пройденный режущей кромкой инструмента при снятии стружки с заготовки за 1 мин.



Для определения этого пути необходимо умножить длину пути за один оборот на частоту вращения инструмента в минуту, т. е. $\pi Dn$ (мм/мин). Так как скорость резания при фрезеровании выражается в метрах в минуту, то формула для скорости резания при фрезеровании и растачивании будет

$$v = \frac{\pi D n}{1000},$$

где $D$ — диаметр инструмента, мм; $n$ — частота вращения инструмента, об/мин.

Если необходимо определить частоту вращения инструмента по заданной скорости резания, то формула примет вид

$$n = \frac{1000 v}{\pi D}.$$

Следующей важной характеристикой режима резания является подача, которая определяет величину перемещения режущей кромки инструмента за один оборот. Подача обозначается буквой $s$, и измеряют ее в миллиметрах. Для многолезвийного инструмента, например фрез, различают подачу на один зуб ($s_z$, мм/зуб), подачу на оборот ($s_o$, мм/об) и подачу в минуту ($s_м$, мм/мин).

Кроме скорости резания и подачи элементами режимов резания являются глубина и ширина резания, а также ширина и толщина срезаемого слоя. Под глубиной резания подразумевают величину снимаемого слоя металла за один рабочий ход инструмента. Глубину резания измеряют в миллиметрах и обозначают буквой $t$ (рис. 3). Глубина резания

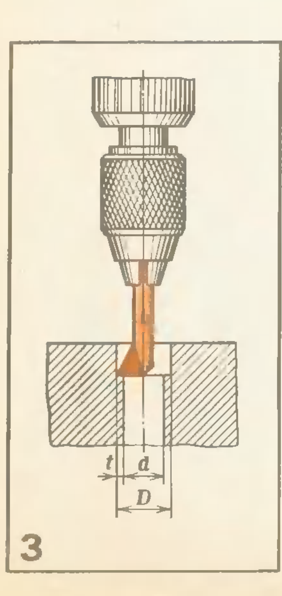



**Рис. 3.**
**Глубина резания при растачивании**

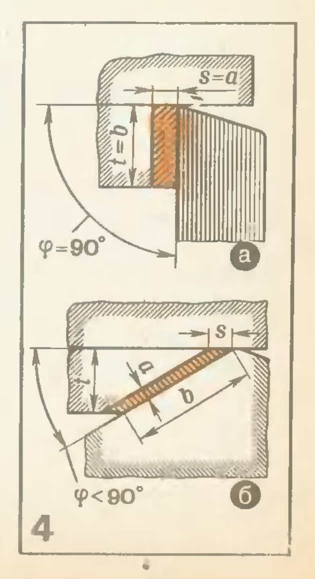



**Рис. 4.**
**Параметры срезаемого слоя:**
а — при φ = 90°, б — при φ < 90°

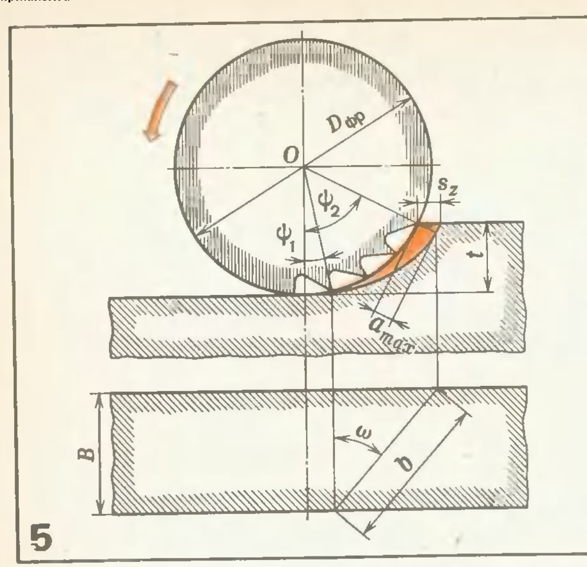



**Рис. 5.**
**Параметры срезаемого слоя при фрезеровании цилиндрической фрезой**

при работе токарным резцом определяется, как полуразность диаметров до и после прохода резца:

$$t = \frac{D - d}{2}.$$

Ширина и толщина срезаемого слоя зависят, в свою очередь, от геометрических и конструктивных размеров режущего инструмента. В общем случае ширина срезаемого слоя — это расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями, измеренное по поверхности резания вдоль режущей кромки и обозначаемое буквой $b$.

При одной и той же глубине резания $t$ (для резцов и торцовых фрез с разными углами в плане $\varphi$) толщина и ширина срезаемого слоя будет разной (рис. 4):

$$a = s \sin\varphi; \; b = \frac{t}{\sin\varphi}.$$

При фрезеровании под шириной срезаемого слоя подразумевают длину соприкосновения режущей кромки зуба с обрабатываемой заготовкой (рис. 5). При работе цилиндрической фрезой с винтовым зубом ширина срезаемого слоя является для каждого зуба переменной величиной и зависит от положения его на дуге контакта $\psi$. В общем случае мгновенная ширина срезаемого слоя одним винтовым зубом

$$b = \frac{\pi D_{фр}}{360^\circ \sin\omega}(\psi_2 - \psi_1).$$

Зная глубину резания и подачу, можно определить площадь $f$ поперечного сечения среза, которая для резцов определяется как произведение толщины срезаемого слоя на его ширину:

$$f = ab = ts_z.$$



**Особенности процесса фрезерования.** Основной отличительной особенностью процесса фрезерования от процесса растачивания является его прерывистость. За один оборот зуб фрезы находится в контакте с обрабатываемым материалом очень короткий промежуток времени, что приводит к колебаниям температуры материала зуба фрезы. Кроме того, процесс врезания зуба в заготовку является периодическим, что вызывает ударные нагрузки, которые при определенных условиях могут вызвать выкрашивание режущей кромки, а также создать неблагоприятные условия для работы станка.

При фрезеровании ввиду того, что толщина и ширина срезаемого слоя зависят от положения зуба на дуге контакта, площадь поперечного сечения является величиной переменной. Переменной будет и сила резания. Однако при определенных условиях имеет место равномерное фрезерование, при котором площадь поперечного сечения является величиной постоянной.

Равномерность фрезерования можно достигнуть при работе фрезой с винтовым зубом и когда ширина фрезерования равна или кратна осевому шагу:

$$B = Kh_o,$$

где $K$ — любое целое число;

$$h_o = \frac{\pi D_{фр}}{z} \operatorname{ctg}\omega \text{ —}$$

осевой шаг зубьев фрезы.

Окончательно условие равномерного фрезерования

$$\frac{Bz}{\pi D_{фр} \operatorname{ctg}\omega} = K.$$

Равномерность при торцовом фрезеровании можно повысить и путем изменения положения (*I, II*) заготовки относительно оси фрезы (рис. 6, *а*). При работе на фрезерных станках фрезы могут врезаться в заготовку постепенно (рис. 6, *б*), с «нулевых» толщин стружки, и на выходе зуба иметь максимальную толшину. Такой метод фрезерования называется фрезерованием против подачи; его применяют при обработке деталей с литейной коркой.

Схема метода фрезерования по подаче показана на рис. 6, *в*. При фрезеровании этим методом зуб начинает работать с наибольшей толщиной среза, а на выходе имеет наименьшую толщину. Преимущество данного метода проявляется при обработке деталей на станках повышенной жесткости за счет уменьшения проскальзывания режущей кромки, которое наблюдается при фрезеровании против подачи.

**Геометрические элементы режущей части фрезы.** Для осуществления процесса срезания стружки режущая часть фрезы должна обладать определенной формой, а именно иметь в поперечном сечении клин; так как каждый режущий зуб фрезы представляет собой резец, то сохраняется аналогия в обозначении элементов фрезы и резца. Например, поверхность, по которой сходит стружка, и у фрез, и у резцов называется

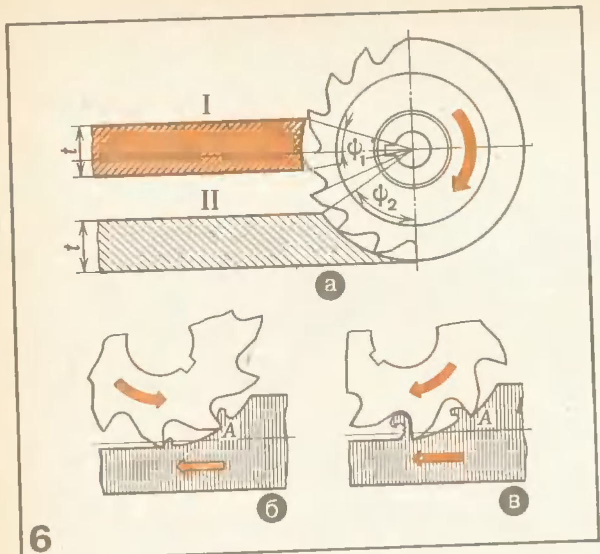



**Рис. 6.**
**Схемы срезания припуска при фрезеровании:**
*а* — торцовая; *б* — против подачи; *в* — по подаче

передней поверхностью. Следовательно, и угол, определяющий положение этой поверхности, также называют передним углом и обозначают буквой $\gamma$.

Поверхность режущего зуба, обращенная к обработанной поверхности заготовки и в том, и в другом случае называется задней поверхностью, а угол, называемый соответственно задним углом, служит для уменьшения трения режущего зуба об обработанную поверхность детали; обозначают его буквой $\alpha$.

Однако имеются и различия. Так, например, для фрез различают углы в плоскости, нормальной к режущей кромке и в плоскости, нормальной к оси фрезы (в торцовой плоскости). В нормальной плоскости имеем (рис. 7) главный передний угол $\gamma_н$ — угол между касательной к передней поверхности и осевой плоскостью, проходящей через данную точку режущей кромки. У цилиндрических фрез из быстрорежущих сталей главный передний угол выбирают в пределах 5—15°, у торцовых твердосплавных фрез — в пределах $-10° \div +10°$. В том же сечении находится нормальный задний угол.

Главный задний угол $\alpha_н$ — угол между касательной к задней поверхности зуба фрезы в рассматриваемой точке главной режущей кромки и касательной к окружности вращения данной точки; его выбирают в пределах 10—20°.

В торцовой плоскости имеем поперечный передний угол $\gamma_т$ — это угол, образуемый пересечением трех плоскостей, проходящих через точку на кромке: осевой, касательной к передней поверхности и плоскости, перпендикулярной оси фрезы, в которой измеряется поперечный передний угол.

Существуют формулы перехода от главного к поперечному переднему углу:

$$\operatorname{tg}\gamma_н = \operatorname{tg}\gamma_т \sin\varphi + \operatorname{tg}\omega\cos\varphi,$$



для цилиндрических и концевых фрез пользуются формулой

$$\operatorname{tg}\gamma_н = \operatorname{tg}\gamma_т \cos\omega.$$

Такая же формула существует и для задних углов:

$$\operatorname{tg}\alpha_н = \frac{\operatorname{tg}\alpha_т}{\cos\omega}.$$

Угол наклона $\lambda$ главной режущей кромки — угол между главной режущей кромкой и проекцией ее на осевую плоскость, проходящую через вершину угла между главной и вспомогательной режущими кромками, измеряемый в продольной плоскости, проходящей через данную точку режущей кромки. У цилиндрических, концевых и дисковых фрез угол $\lambda$ равен углу наклона винтового зуба, т. е. $\lambda = \omega$ (см. рис. 5). Угол $\lambda$ влияет на прочность и стойкость зуба фрезы, его выбирают равным от 0 до 15°. У цилиндрических и концевых фрез угол наклона винтового зуба $\omega$ выбирают в пределах 30—65°.

Главный угол в плане $\varphi$ — угол между проекцией главной режущей кромки на осевую плоскость, проходящую через рассматриваемую точку кромки, и торцовой плоскостью. Угол $\varphi$ обычно выбирают в пределах 45—60°; он влияет на толщину и ширину среза, т. е. чем меньше угол в плане, тем тоньше срезаемая стружка и тем больше ширина среза. Поэтому фрезы с малыми значениями угла $\varphi = 10 \div 30°$ используют на станках повышенной жесткости и виброустойчивости.

Вспомогательный угол в плане $\varphi_1$ — угол между проекцией вспомогательной режущей кромки на осевую плоскость, проходящей через рассматриваемую точку кромки, и торцовой плоскостью. Он служит для уменьшения трения вспомогательной режущей кромки об обработанную поверхность. Угол $\varphi_1$ выбирают для торцовых фрез в пределах 1—10°.

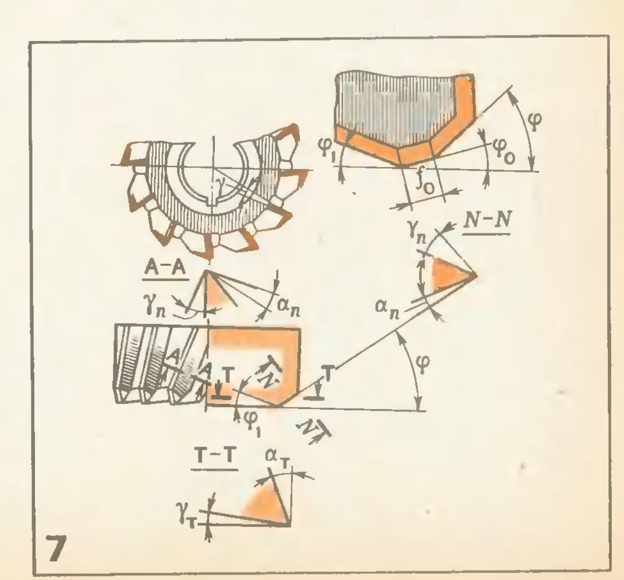



**Рис. 7.**
**Геометрические параметры режущей части фрезы**

Угол в плане переходной кромки $\varphi_0$ (см. рис. 7) — угол между проекцией переходной кромки на осевую плоскость, проходящей через рассматриваемую точку, и торцовой плоскостью. Его выбирают в пределах 15—30°. Значения геометрических параметров для различных фрез и условий обработки приведены в справочниках по режимам фрезерования, в справочниках технолога для фрезеровщика.

## § 2. Износ, стойкость инструмента и силы, возникающие в процессе резания

В процессе работы режущая кромка, срезая часть припуска в виде стружки, изнашивается. При этом износ может происходить только по передней $h_п$ или по задней $h_з$, или одновременной по задней и передней поверхностям (рис. 8, *а*, *б*).

В процессе резания происходит также изменение остроты режущей кромки (рис. 8, *в*). Радиус округления режущей кромки $\rho$ по своей величине приближается к толшине срезаемой стружки. Это приводит к тому, что срезание стружки будет происходить режущим клином с отрицательными передними углами, а следовательно, к ухудшению процесса резания, так как резко увеличатся силы резания.

Вид износа режущей кромки зависит не только от режимов резания, но и от метода обработки, а также от обрабатываемого материала. Например, при растачивании с большими подачами деталей из стали износ протекает одновременно как по задней, так и по передней поверхностям. При обработке хрупких материалов фрезерованием износ режущей кромки в основном протекает по задней поверхности.

Некоторые особенности имеет износ твердосплавного режущего инструмента, который происходит в основном из-за выкрашивания режущей кромки вследствие образования трещин в твердосплавных пластинках в результате температурного расширения и охлаждения в процессе резания.

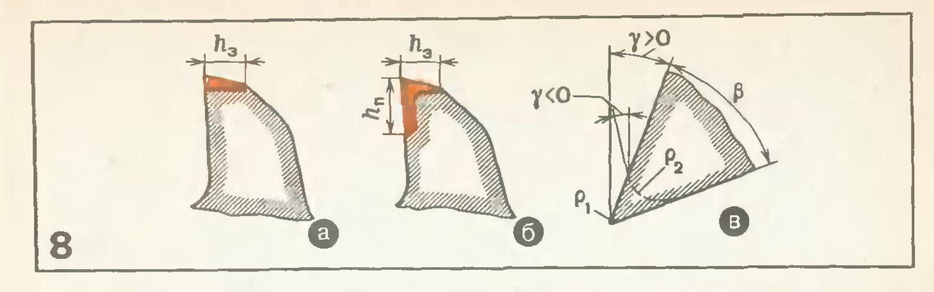
Если построить график износа режущей кромки в зависимости от времени ее работы, то для быстрорежущего и твердосплавного инструмента вид кривых будет различен (рис. 9, *а*). Для твердосплавной режущей кромки кривая износа *а* непрерывно возрастает. Для быстрорежущей кромки кривая износа *б* имеет более сложный характер и состоит из трех участков.

Участок *I* — зона приработки, участок *II* — зона нормального износа и участок *III* — зона повышенного (катастрофического) износа, при достижении которого интенсивность износа резко возрастает и может привести к поломке инструмента.

Время приработки и нормального износа режущего инструмента называется его *стойкостью* или, иначе, способностью режущего инструмента без переточки сохранять свои режущие свойства при обработке деталей по заданным техническим условиям.

Период стойкости равен времени работы инструмента между двумя его переточками после достижения заданного износа и зависит от





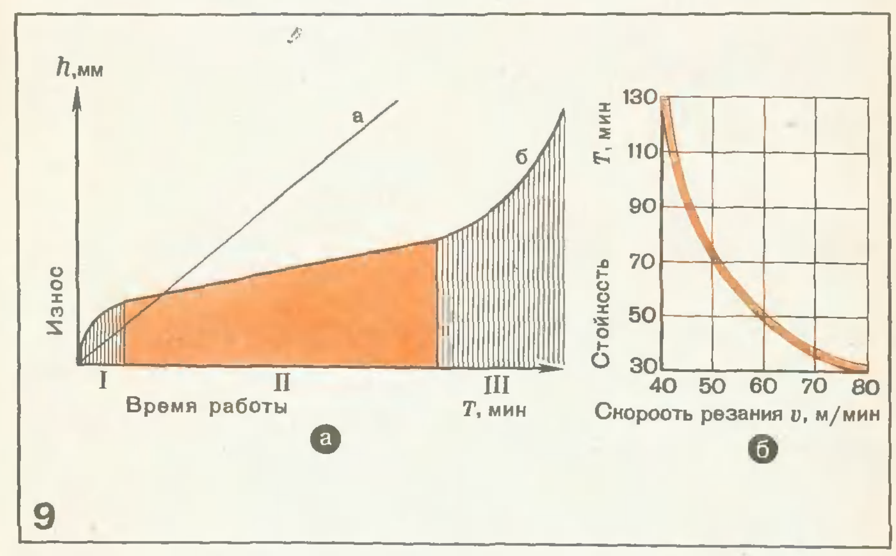




**Рис. 8**
**Виды износа режущих кромок инструмента:**
*а* — по задней поверхности; *б* — по передней и задней поверхностям; *в* — округление режущей кромки

**Рис. 9.**
**Стойкостные зависимости:**
*а* — износа инструмента от времени его работы; *б* — стойкости инструмента от скорости резания

физико-механических свойств обрабатываемого материала режущего инструмента, а также режимов резания.

Наибольшее влияние на стойкость режущего инструмента оказывает скорость резания. Например, при увеличении скорости резания на 15% (при прочих постоянных условиях) стойкость режущего инструмента снижается в 2 раза. При увеличении скорости резания на 25% стойкость снижается в 4 раза, а при увеличении скорости резания в 2 раза стойкость снижается в 32 раза. Если построить график зависимости стойкости инструмента от скорости резания, то зависимость $T—v$ выразится в виде кривой стойкости, более или менее круто спускающейся вниз с увеличением скорости резания (рис. 9, *б*). Если же зависи-

мость $T-v$ построить в двойной логарифмической сетке, то в определенном диапазоне изменения скорости кривая стойкости спрямляется:

$$vT^m = C'_v, \text{ или } Tv^n = C_T.$$

Коэффициент $m$ называется *показателем относительной стойкости*, а коэффициент $n = \frac{1}{m}$ показателем *относительной скорости резания*.

Коэффициенты $C_v$, $C_T$ и показатели степени $m$, $n$ зависят от обрабатываемого и инструментального материалов, режимов резания и других факторов. Величина коэффициента $m$ колеблется в пределах (0,1—0,7).

Изменения стойкости от толщины и ширины среза, подачи и глубины резания также выражаются степенной зависимостью. Например, общая формула для подсчета скорости резания при фрезеровании (м/мин) имеет вид

$$v = \frac{C_v D^{q_v} K_и K_м K_\varphi K_B}{T^m s_z^{y_v} t^{x_v} B^{z_v} z^{n_v}},$$

где $C_v$ — постоянный коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала и условий обработки; $D$ — диаметр фрезы, мм; $T$ — стойкость инструмента (фрезы), мин; $K_м$ — поправочный коэффициент твердости обрабатываемого материала; $K_и$ — коэффициент, учитывающий марку инструментального материала; $K_\varphi$ — коэффициент, учитывающий величину главного угла в плане; $K_B$ — коэффициент, учитывающий положение фрезы относительно обрабатываемой поверхности; $t$ — глубина резания, мм; $s_z$ — подача на зуб, мм/зуб; $B$ — ширина фрезерования, мм; $z$ — число зубьев фрезы.

Все значения коэффициентов, а также показатели степеней $z_v$, $m$, $x_v$, $y_v$, $q_v$, $n_v$ определяют по соответствующим таблицам.

Из формулы, приведенной выше, ясно, что скорость резания при заданной стойкости увеличивается с увеличением диаметра фрезы $D$ и уменьшается соответственно с увеличением стойкости $T$, подачи на зуб $s_z$, глубины фрезерования $t$, ширины фрезерования $B$ и числа зубьев фрезы $z$. Степень влияния отдельных параметров режима фрезерования определяется числовым значением показателей степеней.

Стойкость режущего инструмента зависит от толщины среза. Так, например, при увеличении подачи на зуб (следовательно, и толщины среза) при фрезеровании стойкость снижается. Соотношение этих изменений зависит от показателей $x_v$ и $m$.

Значения показателей $x_v$, $y_v$, $z_v$, $n_v$, $m$ и коэффициентов $C_v$, $K_и$, $K_м$, $K_B$, $K_\varphi$ определены опытным путем и внесены в справочники режимов резания.

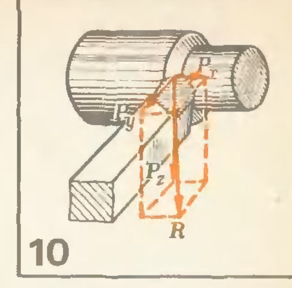
Срезая припуск с обрабатываемой детали, режущий инструмент испытывает определенную силовую нагрузку. Суммарную равнодействующую всех сил резания $R$ (рис. 10), действующих на резец со стороны обрабатываемой детали, можно разложить на три составляющие: тангенциальную $P_z$, радиальную $P_y$ и осевую $P_x$.

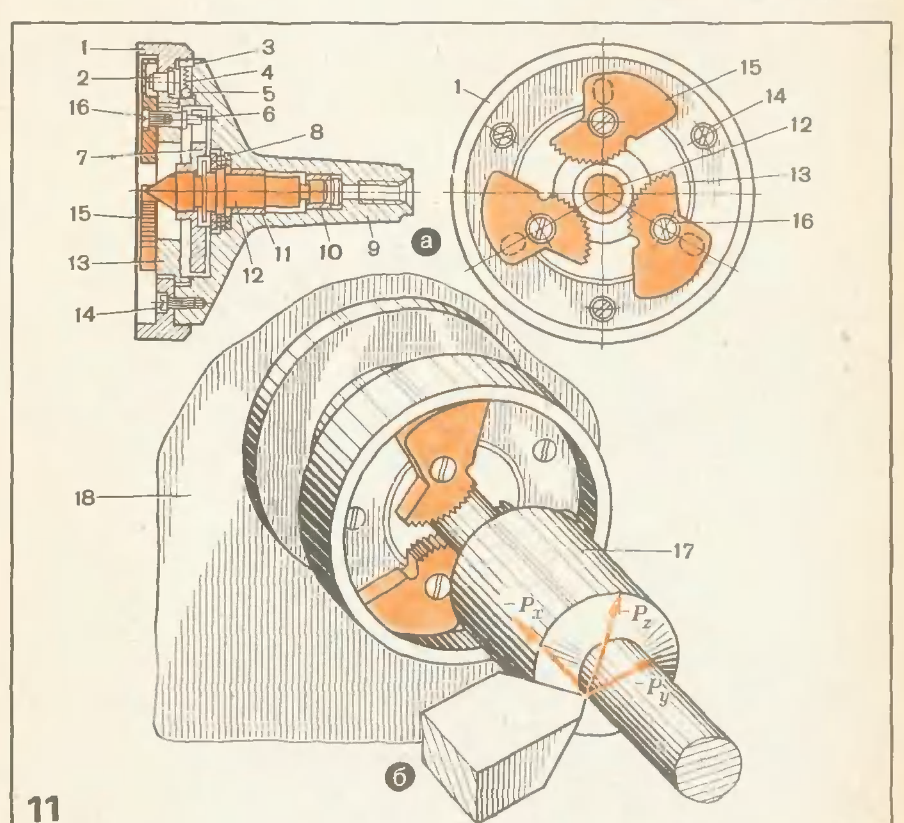
Тангенциальная составляющая $P_z$ (сила резания) является наиболее важной составляющей, так как определяет мощность, необходимую для



**Рис. 10.**
**Схема сил действующих на резец при точении**

**Рис. 11.**
**Трехкулачковый самозажимной патрон:**
*а* — конструкция, *б* — схема действия сил при зажиме




осуществления процесса резания. Сила $P_z$ зависит от свойств обрабатываемого материала, ширины и толщины среза (глубины резания и подачи), износа инструмента и др. Сила $P_z$ приблизительно равна 0,6—0,7 $R$.

Радиальная составляющая $P_y$ направлена перпендикулярно оси вращения обрабатываемой заготовки и отжимает от нее резец. Эта сила оказывает большое влияние на точность обработки и на вибрации, возникающие в процессе резания. Сила $P_y$ равна 0,3—0,4$R$.

Осевая составляющая $P_x$ действует параллельно оси вращения обрабатываемой заготовки в направлении, противоположном направлению подачи, и определяет силу, необходимую для осуществления подачи суппорта с закрепленным резцом.

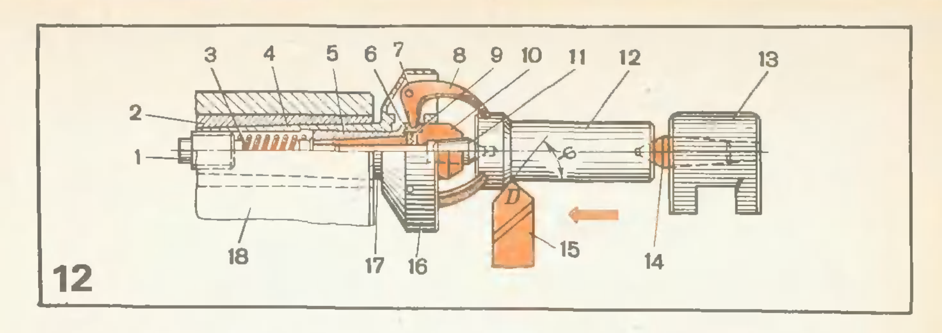
Силы резания, возникающие в процессе обработки, в ряде случаев можно использовать для закрепления деталей. Примером может послужить трехкулачковый поводковый самозажимной патрон (рис. 11). Патрон состоит из корпуса *9*, центра *12*, фланца *7*, кольца *1*, закрепленного винтом *14* на корпусе *9*, плавающего кольца *13*, кулачков *15*, установленных на осях, втулок *10* и *11*, упорного шарикоподшипника *8* (рис. 11, *а*). В процессе работы патрон автоматически зажимает заготовку *17* (рис. 11, *б*) между центром *12* и вращающимся центром задней бабки *18*. В момент включения фрикциона зажимной узел вместе с обрабатываемой заготовкой на какое-то мгновение (в силу инерции) останется неподвижным, а в это время корпус *9* с кольцом *1* и пальцами *2* (рис. 11, *а*) начнет вращаться вместе со шпинделем, при этом кулачки *15*, поворачиваясь на осях *6*, автоматически зажимают обрабатываемую заготовку *17*, вращая ее.

С увеличением силы резания, действующей на деталь ($-P_z$), одновременно увеличивается сила зажима заготовки. После обработки заготовки патрон вручную слегка поворачивают против часовой стрелки, и кулачки *15*, разжимаясь, освобождают заготовку. При этом слегка поворачивается центр *12* вместе с фланцем *7*, который посредством трех прорезанных в нем пазов увлекает за собой плавающее кольцо *13*. Кулачки *15*, установленные по скользящей посадке на осях, закрепленных винтами *16*, и соединенных посредством пазов с пальцами *2*, закрепленными на кольце *1*, начнут поворачиваться на своих осях и, разжимаясь, отойдут от обрабатываемой заготовки *17* (рис. 11, *б*).

Точное центрирование кулачков *15* по наружной поверхности необработанной заготовки обеспечивается плавающим кольцом *13*, которое вместе с закрепленными на нем кулачками *15* может перемещаться между корпусом *9* и кольцом *1*, занимая требуемое положение. Шарики *5*, спиральные пружины *4* и пробки *3* (рис. 11, *а*) служат для плавного смещения плавающего кольца *13* и для возвращения его в первоначальное положение после снятия с центров обработанной заготовки *17*.

На рис. 12 изображен самозажимной патрон другой конструкции, предназначенный для токарной обработки цилиндрических деталей резцом *15*. В процессе работы конус *17* патрона *6* вставляют в конус шпинделя *2* передней бабки *18* токарного станка, после чего на центр *11* устанавливают заготовку *12* и поджимают ее центром *14* задней бабки *13*. В конусе *4* патрона *16* установлена втулка *5* с конусом *10*, центром *11* и кулачками *8* на осях *7*. Кулачки *8* подпружинены спиральными пружинами *9* балансировочного кольца *6*. Втулка *5* вместе с кольцом *6*, перемещаясь по внутреннему цилиндру конуса *4* в сторону передней бабки *18*, давят на спиральную пружину *3*. При этом сферические наконечники рычага *8*, перемещаясь вместе с втулкой и конусом, сжимают деталь и закрепляют ее. Силу сжатия или разжатия спиральной пружины регулируют винтом *1*. Такая конструкция патрона обеспечивает высокую надежность закрепления заготовки детали. После окончания обработки





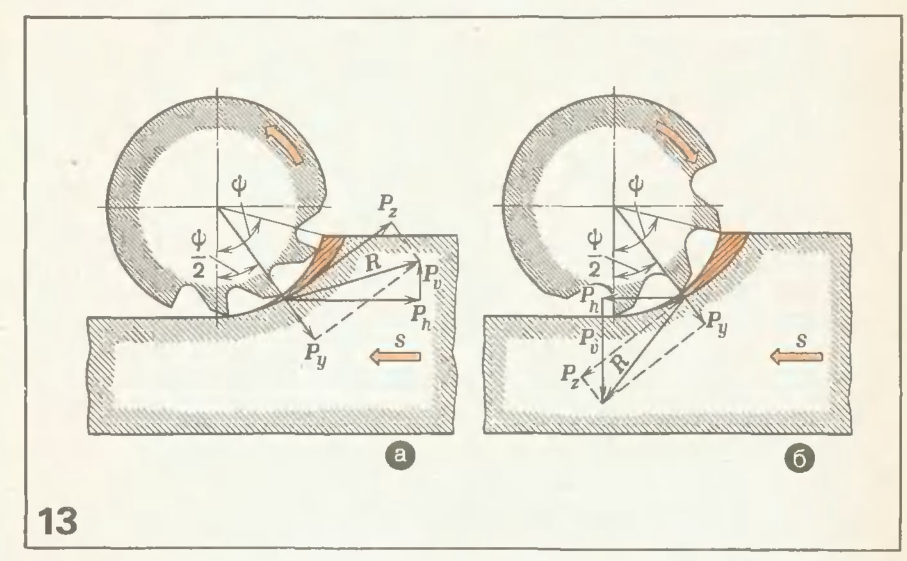




**Рис. 12.**
**Трехкулачковый самозажимной патрон типа «Краб»**

**Рис. 13.**
**Схемы сил, действующих при фрезеровании:**
*а* — при встречном; *б* — при попутном

заготовки и при выключении станка достаточно отвести центр *14* задней бабки *13* от обработанной детали, как под действием разжатия спиральной пружины *3* втулки *5* конус *10* с балансировочным кольцом *6* переместятся вперед, разведут кулачки *8*, и обработанную деталь можно свободно вручную вынуть из патрона.

Рассмотренная схема действующих сил относилась к процессу точения, что касается фрезерования, то силы резания в данном процессе имеют как сходные, так и отличительные признаки по сравнению с силами, возникающими при работе резцом.

Рассмотрим случай фрезерования цилиндрическими фрезами. Для прямозубой цилиндрической фрезы равнодействующую силу резания $R$ всех одновременно режущих зубьев фрезы можно разложить на следующие составляющие: тангенциальную составляющую $P_z$, направлен-

ную по касательной [illegible] траектории движения точки на режущей кромке фрезы (перпендикулярно радиусу) и радиальную составляющую $P_y$, направленную по радиусу (рис. 13, *а*). Равнодействующую силу $P$ можно разложить по правилу параллелограмма [illegible] две взаимно перпендикулярные составляющие: горизонтальную $P_h$ и вертикальную $P_v$.

Тангенциальная составляющая сила резания $P_z$, [illegible] при точении (см. рис. 10), оказывает влияние [illegible] эффективную мощность резания. При цилиндрическом фрезеровании радиальная составляющая сила резания отжимает фрезу от обрабатываемой заготовки, изгибает оправку [illegible] оказывает давление [illegible] подшипники шпинделя станка. Горизонтальная составляющая силы $P_h$ действует [illegible] механизм подачи стола фрезерного станка. С учетом максимальной величины этой силы рассчитывают звенья механизма подачи [illegible] элементы крепления заготовки [illegible] приспособлении. Вертикальная составляющая сила $P_v$ при фрезеровании [illegible] против подачи стремится приподнять стол фрезерного станка над его направляющими (рис. 13, *а*), [illegible] при фрезеровании по подаче — прижать стол [illegible] направляющим (рис. 13, *б*). При фрезеровании цилиндрической фрезой с винтовыми зубьями действует еще осевая составляющая силы резания $P_x$. Она стремится сместить фрезу вдоль оправки. Применение леворежущих фрез обеспечивает поэтому более спокойную работу станка, так [illegible] этом случае осевая составляющая силы резания направлена в сторону заднего конца фрезерного шпинделя, т. е. [illegible] сторону жесткой опоры. Для практического пользования [illegible] большинстве случ[illegible] значение сил резания, [illegible] и скорости резания, представляют либо [illegible] виде специальных таблиц, либо [illegible] виде эмпирических формул. При этом окружная составляющая силы резания при точении выражается следующей формулой:

$$P_z = C_{P_z} b a^{0,75},$$

где $C_{P_z}$ — постоянный коэффициент, зависящий от физико-механических свойств обрабатываемого материала; $b$ — ширина среза; [illegible] — толщина среза.

Из формулы следует, что ширина среза влияет на $P_z$ в большей степени, [illegible] толщина среза. Если в формулу, приведенную выше, подставить вместо [illegible] и $b$ [illegible] выражения по формулам, приведенным на стр. 8, то получим

$$P_z = \frac{C_{P_z}}{(\sin\varphi)^{0,25}} t s^{0,75} = C t s^{0,75},$$

где

$$C = \frac{C_{P_z}}{\sin\varphi^{0,25}}.$$

Таким образом, легко перейти от выражения тангенциальной составляющей силы резания $P_z$ через физические параметры процесса резания [illegible] выражению через технологические параметры процесса (глубину резания и подачу).



Формула окружной составляющей силы резания $P_z$ при фрезеровании может быть выражена также через ширину и толщину среза, [illegible] именно:

$$P_z = C_{P_z} b a^{0,75} z'$$

где $z'$ — число зубьев, участвующих одновременно [illegible] работе.

## [illegible] 3. Основные данные [illegible] инструменте, используемом на координатно-расточных и фрезерных станках

В практике координатно-расточных работ применяют разнообразные инструменты общего назначения (резцы, сверла, зенкеры, развертки и т. д.), но характерными из них являются расточные резцы, оправки (борштанги) с набором резцов, оправки с микрометрическим регулированием резцов.

На рис. 14 представлены конструкции расточных державочных резцов. На рис. 14, *а* приведен резец прямоугольного сечения ($H \times B$) с пластинкой из быстрорежущей стали. Радиусная лунка с размерами $b$ и $c$ предназначена для дробления стружки, которая при обычной геометрии резца завивается [illegible] длинные спирали, что затрудняет процесс резания, создавая для рабочего опасность ранений. Лунка сделана на передней поверхности резца параллельно главной режущей кромке на расстоянии $f$ от нее. На рис. 14, *б* показан резец с державкой круглого сечения, оснащенный пластинкой [illegible] твердого сплава. На рис. 14, [illegible] показано крепление [illegible] бронштанге резца круглого сечения, а на рис. 14, *г* — прямоугольного. На рис. 14, *д* показаны удлиненные консольные оправки диаметром до 27 мм с окном для крепления резца круглого сечения и диаметром 32 мм и более с окном для крепления резца прямоугольного сечения.

Цельные расточные резцы [illegible] быстрорежущей стали (рис. 14, *е*) широко применяют [illegible] координатно-расточных и широкоуниверсальных инструментальных фрезерных станках. Резцы крепят [illegible] станке с помощью переходных втулок или специальных расточных патронов. Расточной патрон имеет отверстие под резец, расположенное эксцентрично относительно оси шпинделя станка. Резцы [illegible] таком патроне надо устанавливать точно, с тем чтобы [illegible] месте контакта вершины резца с обрабатываемой деталью образовывались требуемые углы: передний [illegible] задний. Небольшой поворот резца может вызвать либо трение задней поверхности об обрабатываемую деталь, либо образование отрицательного переднего угла, что создает неправильные условия резания.

На рис. 14, *ж* показано крепление [illegible] короткой консольной оправке одновременно двух резцов, растачивающих отверстие большого диаметра. На рис. 15, [illegible] изображена расточная пластинка, [illegible] на рис. 15, *б* — оправка с окнами для ее крепления. На рис. 16 изображена расточная оправка с нониусным и регулирующим микрометрическим устройствами, предназначенная для установки резца *10* на заданный размер $L$ и $R$

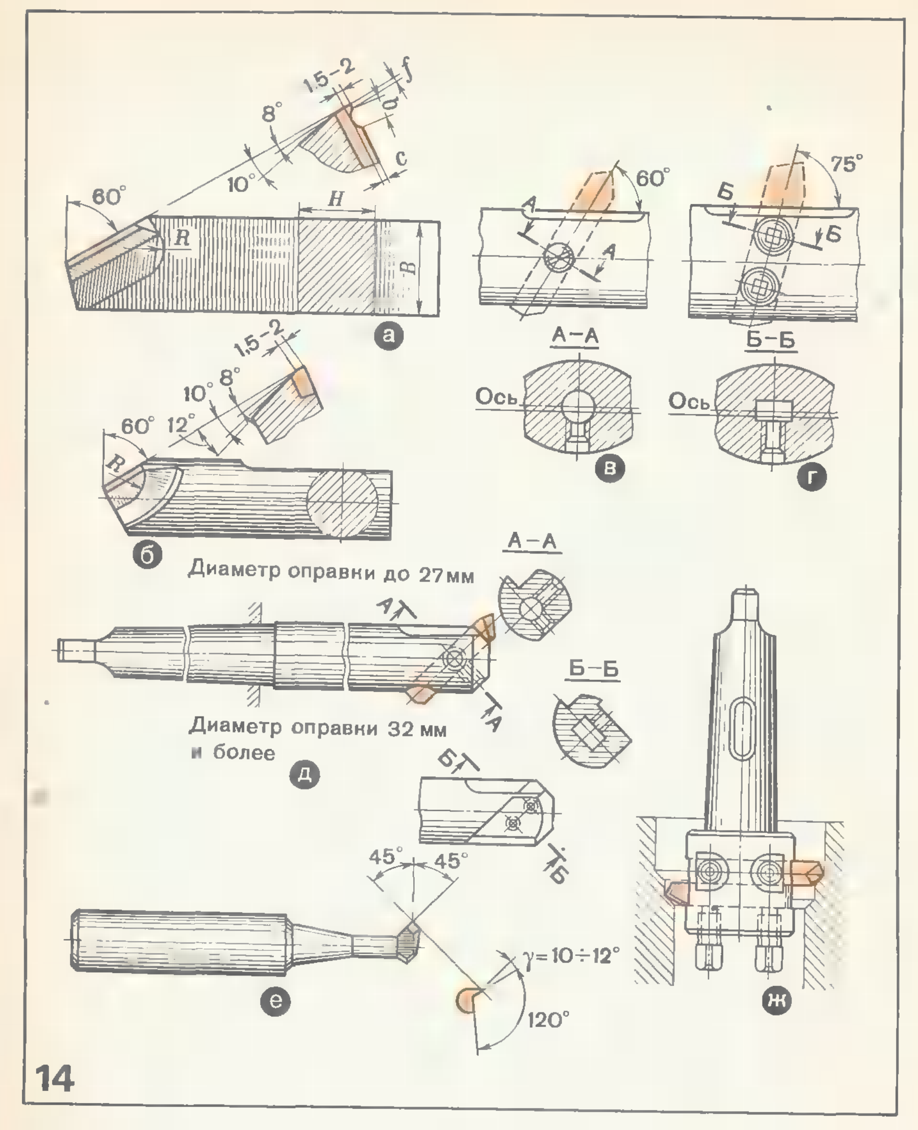



**Рис. 14.**
**Расточной инструмент:**
а — державочный резец прямоугольного сечения; б — державочный резец круглого сечения; в — крепление резца круглого сечения в борштанге; г — крепление резца прямоугольного сечения в борштанге; д — консольные оправки; е — цельный расточной резец; ж — крепление резцов в консольной оправке

при растачивании диаметра *D* в отверстии детали *1*. Оправка состоит из штанги *6*, конус которой вставлен в конус шпинделя *5* станка. В штанге имеются квадратное окно *2*, резьбовое отверстие с микровинтом *4* и нониусом *9*. Во внутренней части штанги имеется продольный паз *А*, в котором регулируемая планка *8* шарнирно соединена осью *7* с резцом *10*,



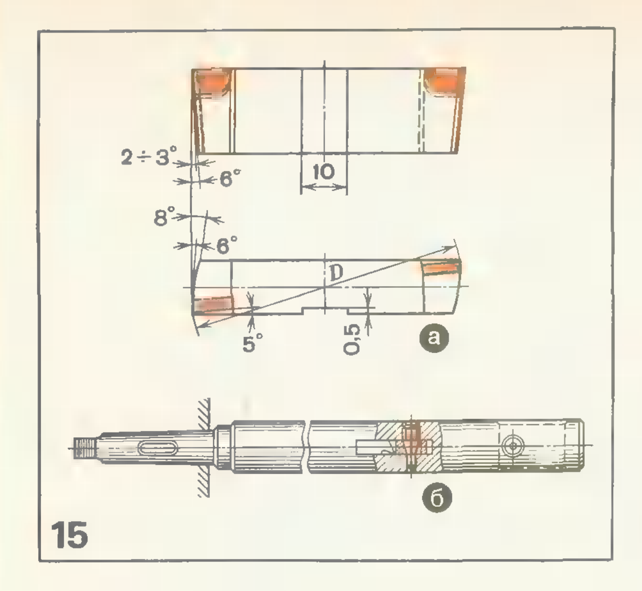



**Рис. 15.**
**Оправка с расточной пластинкой**

**Рис. 16.**
**Расточная оправка с микрометрическим регулированием резца**

закрепленным винтами *3* и *11*. Предварительную настройку резца на размер *L* и *R* производят микрометром или по контрольному кольцу, а в процессе работы микровинтом *4* по нониусу *9*.

Инструмент, применяемый при фрезеровании, отличается большим разнообразием типоразмеров. К числу наиболее употребляемых фрез следует отнести к о н ц е в ы е ф р е з ы для обработки поверхностей уступов и пазов. Их выполняют с цилиндрическим и коническим хвостовиками (рис. 17, *а*, *б*).

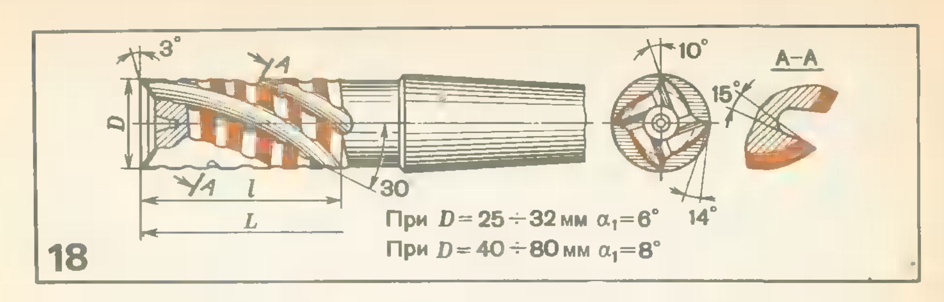
Концевые фрезы изготовляют трехзубыми, четырехзубыми и пятизубыми, с нормальными и крупными зубьями. Фрезы с нормальными зубьями применяют при получистовой и чистовой обработке. Фрезы с крупными зубьями используют для черновой обработки.

Ш п о н о ч н ы е ф р е з ы (ГОСТ 9140—68) применяют для фрезерования шпоночных пазов и изготовляют с цилиндрическим и коническим хвостовиками (рис. 17, *в*). Шпоночные спиральные фрезы имеют два или три режущих зуба с торцовыми режущими кромками, выполняющими основную работу резания. Такие фрезы могут работать с осевой (как сверло) и с продольной подачами.

При обработке концевой фрезой сложных внутренних поверхностей и полостях матриц пресс-форм стружка из-под фрезы должна отводиться вверх по ее винтовым канавкам для того, чтобы не испортить обрабатываемую поверхность детали и не поломать зубья фрезы. Это достигается при наличии у фрезы винтовой канавки, совпадающей с направлением вращения фрезы. Однако осевая составляющая силы

резания при этом будет стремиться вытолкнуть фрезу из гнезда шпинделя, поэтому при обработке пазов крепление фрезы следует делать более надежно, чем при обработке концевой фрезой открытой поверхности. Для того чтобы [illegible] процессе фрезерования сложных поверхностей [illegible] матрицах пресс-форм концевая фреза не врезалась [illegible] заготовку или ее не затягивало [illegible] цангу, используют конструкцию концевой фрезы, представленной на рис. 17, *г*. На передней части хвостовика фрезы, около места стыка сварки с режущей частью, имеется буртик диаметром $D_1$





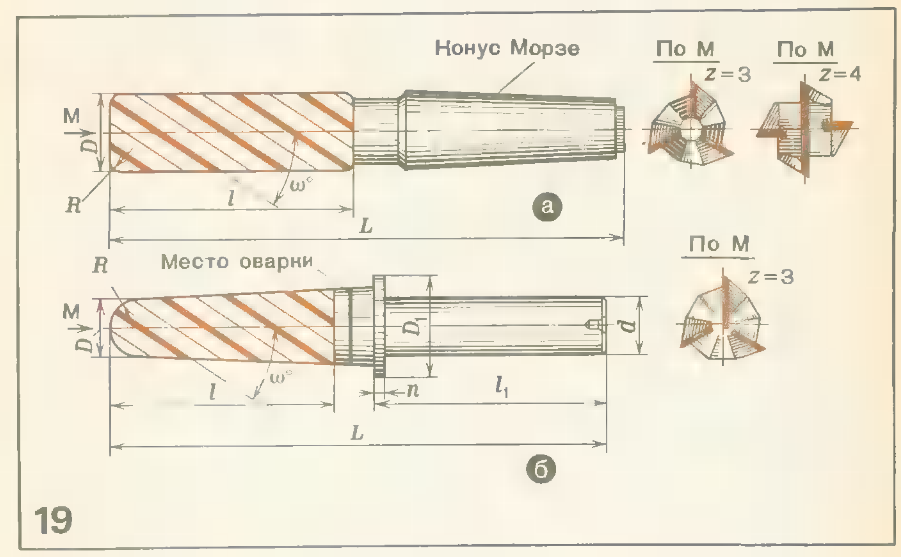




**Рис. 17.**
**Концевые фрезы:**
*а* — с цилиндрическим хвостовиком; [illegible] с коническим хв[illegible]ком, [illegible] — шпоночная фреза, [illegible] фреза [illegible] буртиком, [illegible] — с резь[illegible]вым хвостовиком и коничес[illegible]ой центрирующей поверхностью

**Рис. [illegible]**
**Концевая обдирочная (кукурузная) фреза**

**Рис. 19.**
**Концевые фрезы для копиро[illegible] работ:**
*а* цилиндрическая; *б* - коничес[illegible] с шаровой головкой

[illegible] толщиной *n*, который при зажатии хвостовика *2* в цанге гайкой [illegible] дает возможность фрезе *1* [illegible] только выталкиваться, но [illegible] утопать [illegible] цангу, обеспечивая жесткое крепление.

На рис. 17, *д* представлена другая концевая фреза с резьбовым хвостовиком (M10×1,5) [illegible] дополнительной конической центрирующей поверхностью *А* для надежного крепления.

Концевая обдирочная фреза с затыловыми зубьями, предназначенная для черновой обработки заготовок, показана [illegible] рис. 18. Обдирочные концевые фрезы имеют зубья с неравномерным окружным шагом. Такие фрезы обладают повышенной виброустойчивостью и обеспечивают хорошее дробление стружки.

При окончательном (чистовом) фрезеровании поверхностей матриц пресс-форм особое внимание уделяется жесткости крепления и виброустойчивости концевых фрез, так как от этого зависит не только качество их изготовления, но [illegible] объем последующих слесарных работ.

На рис. 19, *а* изображена концевая фреза для чистового фрезерования внутренних [illegible] наружных, сопряженных радиусных [illegible] наклонных поверхностей деталей штампов и пресс-форм. В отличие от стандартных концевых фрез, данная фреза имеет скругления у торца радиусом $R$. Обычно такие фрезы изготовляют с размерами $D=6\div20$ мм, $L=125\div205$ мм; $l=40\div100$ мм, $R=0{,}5\div1{,}7$ мм, с числом зубьев $z=4$ [illegible] с углом наклона винтового зуба $\omega=15°, 30°$ и $45°$.

[illegible] процессе фрезерования необходимо следить за тем, чтобы ширина обрабатываемой строчки не превышала половины диаметра фрезы при глубине резания не более 2—3 мм, а скорость резания выдерживалась [illegible] зависимости от обрабатываемого материала.

На рис. 19, *б* изображена другая конструкция — коническая фреза с торцовой шаровой головкой. В данном случае показана концевая коническая фреза с винтовыми зубьями диаметром 16 [illegible] с цилиндрическим хвостовиком длиной $l_1$, диаметром $d$ и буртиком диаметром $D_1$, толщиной $n$. Режущая часть фрезы изготовлена из быстрорежущей стали, [illegible] хвостовик из стали 45. Режущие торцовые зубья расположены [illegible] полусфере радиуса $R=8$ мм; угол наклона винтовых зубьев $\omega=30°$, число зубьев $z=3$.

Использование винтовых зубьев приводит [illegible] увеличению числа одновременно работающих зубьев, что положительно сказывается [illegible] снижении вибрации фрезы; при этом уменьшается не только интенсивность вынужденных ее колебаний, но [illegible] повышается качество обрабатываемой детали.

Ф а с о н н ы е ф р е з ы применяют при обработке самых разнообразных фасонных поверхностей, [illegible] том числе стружечных винтовых канавок режущих инструментов (фрез, сверл, разверток, метчиков), выпукло-вогнутых поверхностей деталей штампов [illegible] пресс-форм.

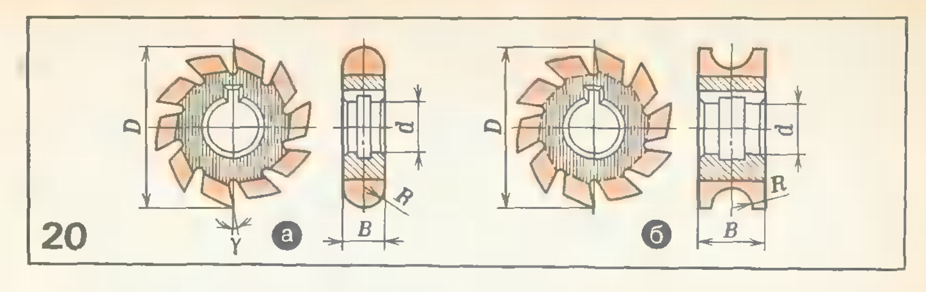
Следует отметить, что [illegible] ряде случаев фасонная фреза является единственным инструментом, с помощью которого можно образовать сложный профиль детали.

Профиль зуба фасонных затылованных фрез должен соответствовать фасонному профилю детали. Если передний угол фрезы выполнен отличным от нуля, изменяется профиль обрабатываемого изделия, поэтому необходимо произвести корректирование профиля зуба фрезы.

Фасонные фрезы [illegible] зависимости от метода образования задней поверхности делятся [illegible] затылованные и острозаточенные (незатылованные). Затылованные фасонные фрезы для сохранения профиля зубьев при переточке затачивают по передней поверхности.

В массовом производстве чаще применяют острозаточенные фасонные фрезы, так [illegible] они обеспечивают большую производительность и наименьшую шероховатость обработанной поверхности. Острозаточенные фасонные фрезы затачивают по задней поверхности. Однако трудность процесса изготовления и заточки фрез, [illegible] также необходимость тщательного контроля [illegible] профиля после каждой переточки ограничивают их применение.





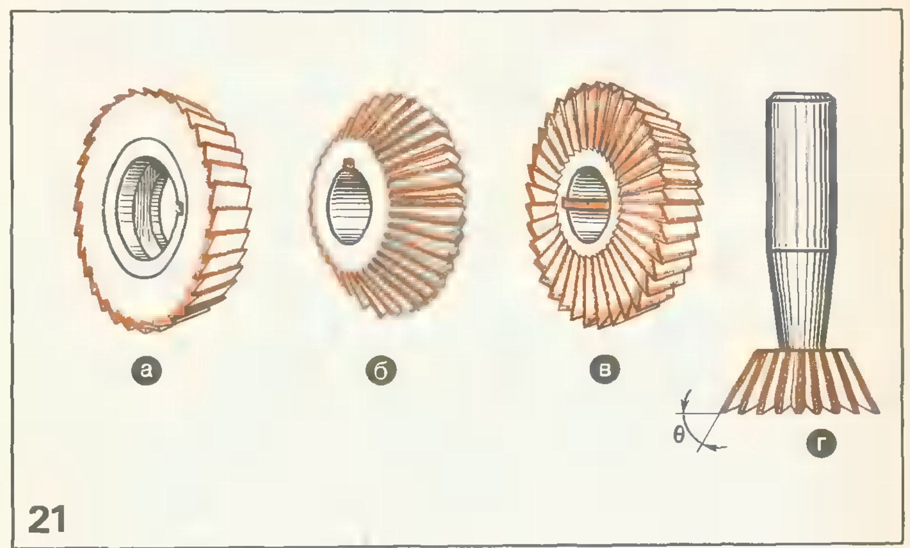



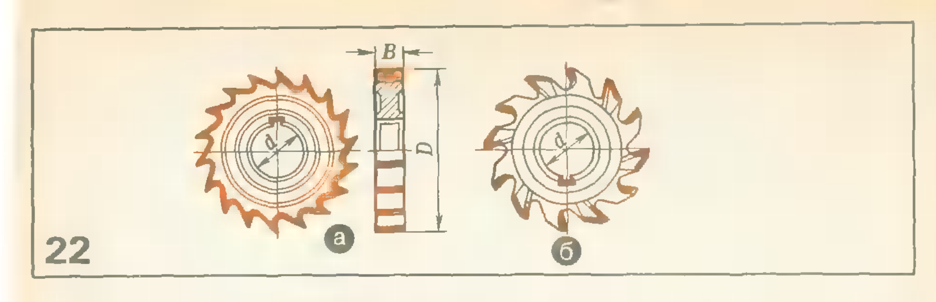

**Рис. 20.**
**Фасонные фрезы:**
*а* — полукруглые выпуклые; *б* — полукруглые вогнутые

**Рис. 21.**
**Фрезы угловые насадные:**
*а* — одноугловая; [illegible] двухугло- [illegible] симметричная; *в* — двухугло- [illegible] несимметричная; *г* — угловая концевая

Представленные [illegible] рис. 20 фрезы полукруглые выпуклые (рис. 20, *а*) [illegible] вогнутые (рис. 20, *б*) бывают следующих размеров: $D=50\div160$ мм; $B=7\div48$ мм; $d=22\div32$ мм; $R=1{,}5\div16$ мм.

Обычно фасонные фрезы изготовляют из быстрорежущей стали. Фасонные фрезы, оснащенные пластинками из твердого сплава, не получили широкого применения из-за трудности получения пластинки фасонного профиля и [illegible] заточки. Более широкое внедрение нашли фасонные фрезы, оснащенные круглыми неперетачиваемыми пластинками.

Широкое применение [illegible] практике фрезерования имеют у г л о в ы е ф р е з ы, которые бывают насадные одноугловые (рис. 21, *а*), насад-



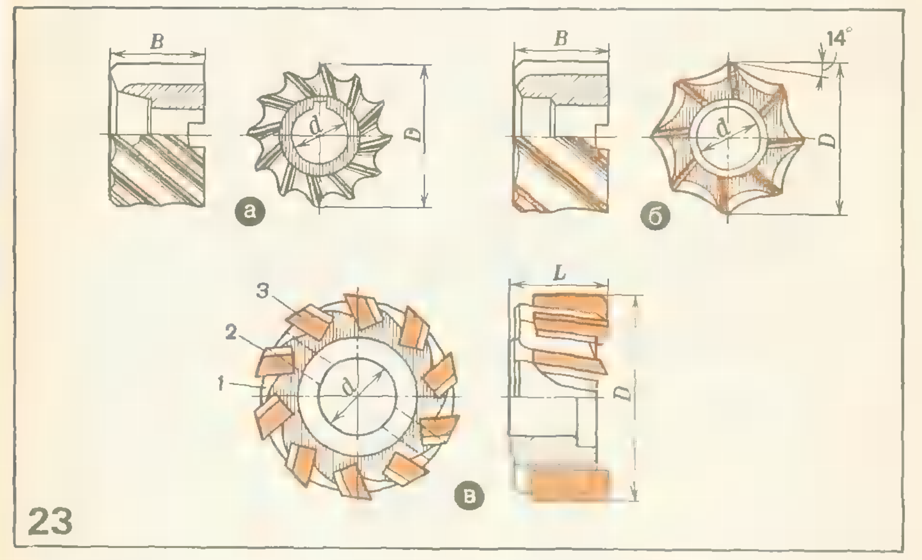




**Рис. 22.**
**Фрезы дисковые [illegible]:**
[illegible] — с зубьями на цилиндрической части; *б* — твердосплавная [illegible] переменным наклоном зубьев

**Рис. 23.**
**Фрезы торцовые:**
*а* — с [illegible] зубом, *б* — с круп[illegible] зубом; [illegible] — сборная твердосплавная

ные двухугловые симметричные (рис. 21, *б*) и несимметричные (рис. 21, *в*), [illegible] также концевые угловые фрезы (рис. 21, *г*).

Одноугловые фрезы (см. рис. 21, *г*) имеют угол профиля $\theta = 45 \div 120°$ через каждые 5° до 90°, затем 100, 105, 110 и 120°. Одноугловые фрезы изготовляют диаметром $D = 40 \div 80$ [illegible] с числом зубьев $z = 12 \div 19$ и применяют для фрезерования прямых канавок на инструментах [illegible] заготовках. Двухугловые симметричные фрезы (рис. 21, *б*) применяют для фрезерования канавок у фрез с винтовыми зубьями, а также пазов у призм и т. д. Угол профиля $\theta = 18, 22, 25, 30°$. Двухугловые несимметричные фрезы (рис. 21, *в*) имеют угол профиля $\theta = 55$—$110°$ через каждые 5° до 90°.

Для фрезерования паза типа ласточкин хвост применяют концевые фрезы с углом профиля, равным углу паза (55 или 60°). Угловые фрезы изготовляют с остроконечными зубьями.



Основная особенность угловых фрез состоит [illegible] том, что зубья, расположенные [illegible] конических поверхностях, имеют неодинаковую высоту. У таких фрез для увеличения прочности зуба приходится делать очень неглубокие канавки, которые ухудшают удаление стружки, поэтому [illegible] процессе фрезерования углового паза (типа ласточкин хвост) необходимо осуществлять небольшую подачу [illegible] чаще с помощью кисти очищать стружку с обрабатываемой поверхности.

Насадные угловые фрезы крепят на оправке горизонтально-фрезерных [illegible] вертикально-фрезерных станков так же, как цилиндрические и дисковые фрезы.

Дисковые фрезы пазовые (ГОСТ 3964—69) (рис. 22, *а*) предназначаются для фрезерования неглубоких пазов. Они имеют зубья только [illegible] цилиндрической части. Размеры фрез: $D = 50 \div 100$ мм; $B = 3 \div 16$ мм; $d = 16 \div 32$ мм и $z = 14 \div 20$.

Пазовые затылованные фрезы (ГОСТ 8543—71) предназначаются также для обработки пазов, но затачивают их только по передней поверхности. Достоинством этих фрез является то, что они [illegible] теряют размера по ширине после переточек. Эти фрезы изготовляют диаметром 50—100 мм и шириной 4—16 мм.

Применение дисковых фрез с пластинками из твердых сплавов по ГОСТ 5348—69 (рис. 22, *б*) дает наиболее высокую производительность при скоростном фрезеровании заготовок деталей. Эти фрезы изготовляют диаметром $D = 100 \div 200$ мм; $B = 14 \div 32$ мм; $d = 27 \div 32$ мм и $z = 8 \div 14$.

При фрезеровании поверхностей часто применяют торцовые фрезы. На рис. 23, [illegible] изображены цельные торцовые насадные фрезы с мелкими (зубьями) ($z = 14 \div 18$), [illegible] на рис. 23, *б* — с крупными зубьями ($z = 8 \div 12$) с креплением на торцовой шпонке. Фрезы изготовляют размерами $D = 63 \div 100$ мм; $B = 27 \div 32$ мм и $d = 40 \div 50$ мм.

Конструкция сборной твердосплавной торцовой фрезы, предназначенной для скоростного фрезерования, показана на рис. 23, *в*. Крепление вставных ножей *3* [illegible] корпус *1* осуществляется с помощью осевых рифлений и клиньев *2* с углом 5°. Достоинством такого способа крепления вставных ножей является возможность компенсации износа и слоя, снятого при переточке ножей. Восстановление размера по диаметру достигается перестановкой ножей [illegible] одно или несколько рифлений.

Следует напомнить, что перед тем [illegible] приступить [illegible] работе такой фрезой, необходимо в первую очередь проверить надежность крепления клиньями ножей [illegible] корпусе фрезы, их биение [illegible] неконцентричность к оси вращения по наружному диаметру и торцу на индикаторных приспособлениях.

Цилиндрические фрезы (рис. 24) применяют для обработки поверхностей. Зубья цилиндрической фрезы чаще всего располагают по винтовой линии с определенным углом наклона $\omega$ (обычно $\omega = 30°$).

Цилиндрические фрезы изготовляют [illegible] быстрорежущей стали, [illegible] также оснащают пластинками твердых сплавов. Использование цилиндрических фрез со вставными ножами (зубьями) позволяет экономить дорогостоящий инструментальный материал.

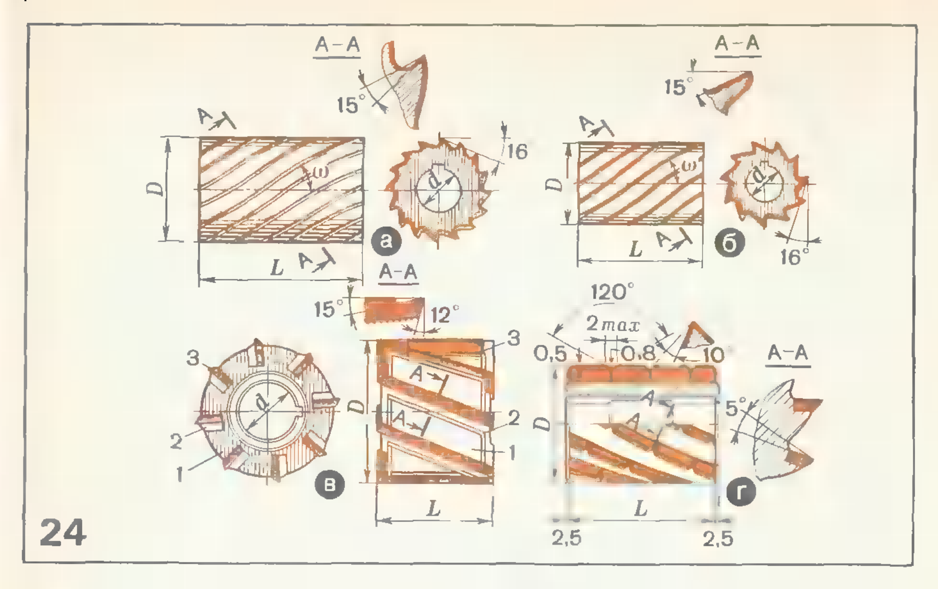
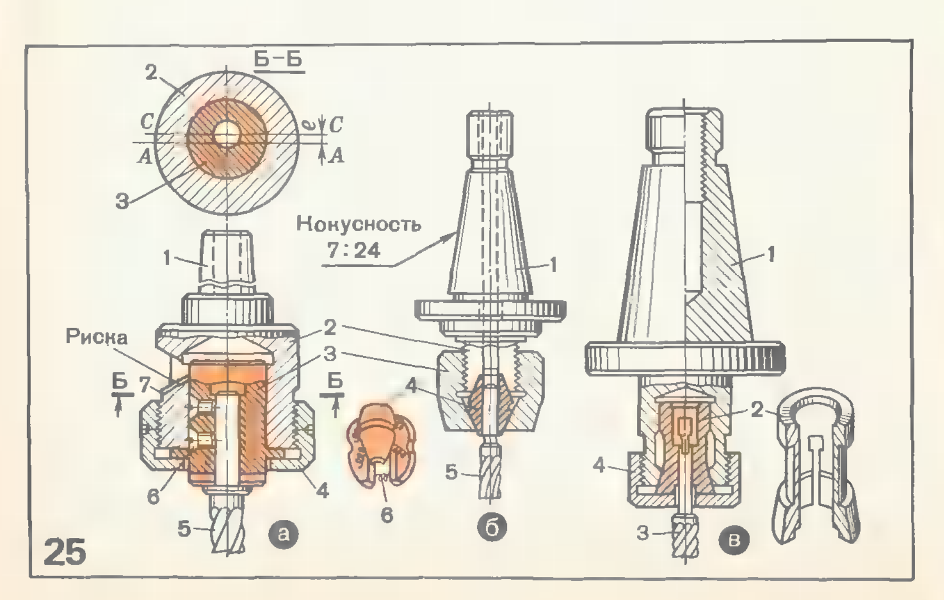



**Рис. 24.**
**Фрезы цилиндрические:**
*а* — с мелким зубом; *б* — с крупным зубом; *в* — со вставными быстрорежущими ножами; *г* — твердосплавная с винтовыми пластинками

**Рис. 25.**
**Патроны для крепления концевых фрез:**
*а* — с регулируемым эксцентриситетом; *б* — с зажимными кулачками; *в* — с зажимной цангой






Цилиндрические фрезы изготовляют цельными по ГОСТ 3752—71 с мелкими зубьями (рис. 24, *а*) с размерами $D=40\div100$ мм, $L=40\div160$ мм, $d=16\div40$ мм, $z=10\div18$, $\omega=30°$ и с крупными зубьями (рис. 24, б) с размерами $D=50\div100$ мм, $L=50\div160$ мм, $d=22\div40$ мм, $z=6\div12$, $\omega=40°$; со вставными ножами *3* из быстрорежущей стали (рис. 24, *в*), закрепленными в корпусе *1* клиньями *2*, а также фрезы, оснащенные винтовыми пластинками *1* из твердого сплава (ГОСТ 8721—69) с размерами $D=63\div100$ мм, $L=45\div100$ мм, $d=27\div40$ мм, $z=8\div10$ (рис. 24, *г*).

В процессе фрезерных работ очень важным моментом является закрепление фрез на фрезерном станке; от этого во многом зависит не только качество обрабатываемых деталей, но и производительность труда фрезеровщика. Следует помнить, что если фреза закреплена неверно, она будет бить, т. е. резание будет происходить не всеми зубьями, нагрузка на зубья будет неравномерной и они могут быстро изнашиваться и даже ломаться. Однако для обработки мерных пазов обычными концевыми фрезами применяют специальные патроны с эксцентричным расположением фрезы (рис. 25, *а*).

Патрон состоит из конического хвостовика *1* и корпуса *2*, втулки *3* с буртиком, торец которого прижимают к торцу корпуса колпачком *4*. Получение требуемой ширины паза достигается поворотом втулки *3*, эксцентрично закрепленной по отношению к оси вращения фрезы *5*, на величину 0,5*е*. Фрезу к втулке крепят винтами *6*. В окне *7* патрона нанесены деления, показывающие величину смещения в сотых долях миллиметра. Диаметр фрезы выбирают на 0,05—0,10 мм меньше номинальной ширины паза обрабатываемой детали.

На рис. 25, *б* показан патрон для крепления концевых фрез с цилиндрическим хвостовиком. Он состоит из конического хвостовика *1* и передней резьбовой части *2*, внутри которой имеется конусное отверстие для трех кулачков *4*. Кулачки стягиваются кольцевой пружиной и разжимаются от усилия шести пружин *6*, расположенных между кулачками. Фрезу *5* вставляют хвостовиком в цилиндрическое отверстие разжимных кулачков патрона и закрепляют гайкой *3*, охватывающей заплечиками кулачки *4*.

Патрон вместе с фрезой устанавливают в шпиндель вертикально-фрезерного или горизонтально-фрезерного станка и закрепляют шомполом (штревелем). Фрезу снимают после отвертывания гайки *3*.

На рис. 25, *в* показан цанговый патрон для крепления фрез с цилиндрическим хвостовиком. Патрон с одной стороны имеет конический хвостовик *1*, которым его устанавливают в шпинделе станка, и затягивают шомполом, а с другой стороны — коническую выточку, в которую входит цанга *2*, представляющая собой коническую разрезную втулку с отверстием по размеру хвостовика закрепляемой фрезы *3*. На корпус патрона навертывают гайку *4*. При навертывании гайка будет сжимать цангу, зажимая установленную в цанге фрезу.

В крупносерийном и массовом производстве применяют быстродействующие зажимные патроны. Фрезерные станки отечественного производства имеют стандартный размер переднего конуса шпинделя, и поэтому размер хвостовика фрезерной оправки соответствует ему.

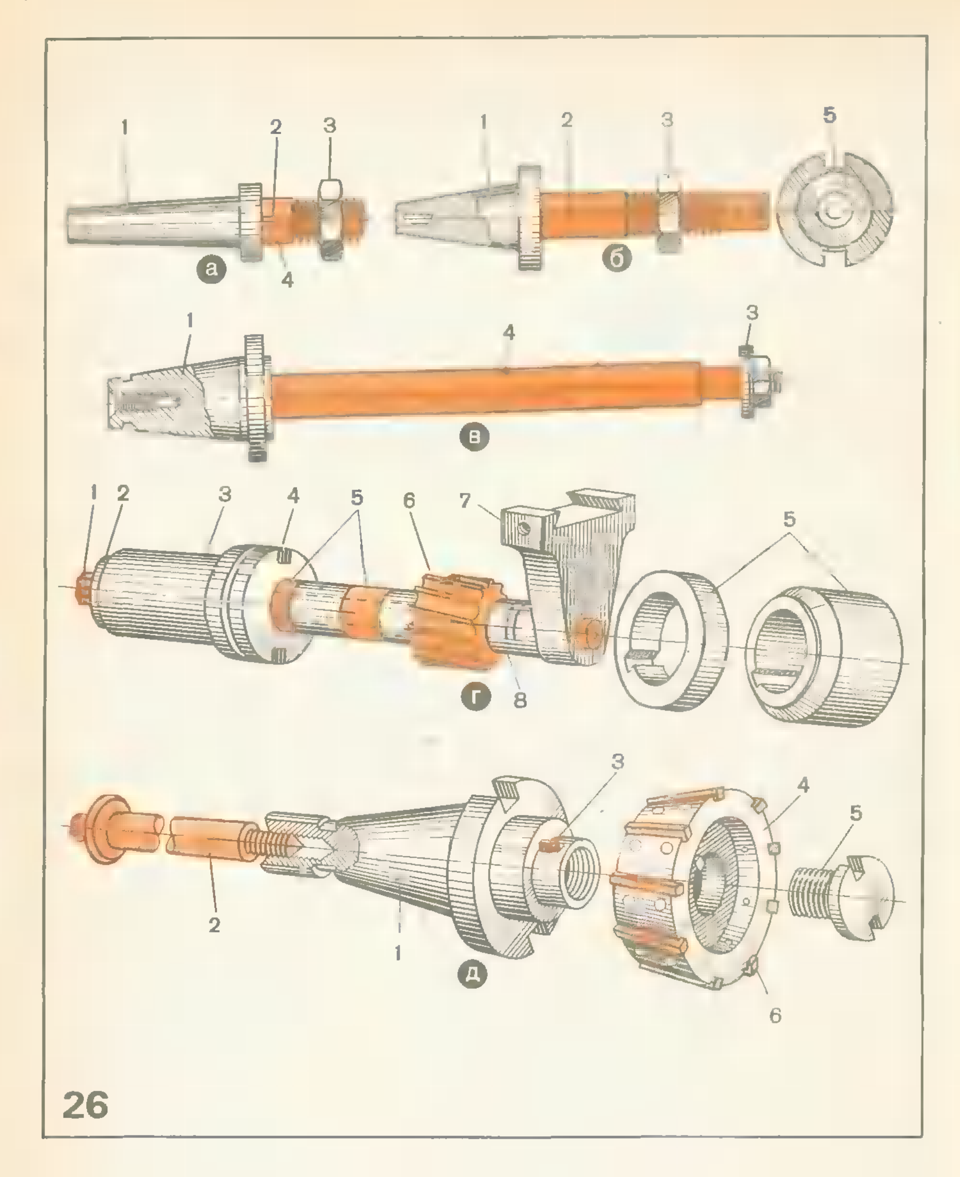



**Рис. 26.**

**Ср[illegible] крепления фр[illegible]**

а — конусная ре[illegible]овая оправка малого размера; б — конусная резьбовая оправка среднего ра[illegible]мера; в — конусная оправка боль[illegible]шого размера; г — схема крепле[illegible] цилиндрической фрезы [illegible] цилиндрической оправке, д — [illegible] крепления насадных фрез



На рис. 26,*а*, *б*, в изображены оправки, имеющие конические хвостовики, которые соответствуют коническим гнездам переднего конца шпинделя фрезерных станков и центрируются в них. Выемками *5* оправку надевают на поводки, вставленные в пазы на торце шпинделя. Оправки *4* с резьбовым наконечником, шпонкой *2* и гайкой *3* предназначены для закрепления цилиндрических и дисковых фрез.

Закрепление цилиндрических фрез на центровых оправках (рис. 26, *г*) производят в следующей последовательности: вначале конический хвостовик оправки *4* вставляют в коническое отверстие шпинделя *3* станка и закрепляют ее шайбой *2* и болтом *1*, затем на цилиндрическую часть оправки и шпонку надевают несколько установочных колец *5* и фрезу *6* так, чтобы она находилась на нужном расстоянии от конца оправки, а затем на оправку надевают остальные кольца *8* и прижимают их к фрезе гайкой. Конец оправки *4* вводят в подшипник подвески хобота *7* и закрепляют болтами.

Закрепление насадных фрез *4* большого диаметра на концевых оправках (рис. 26, *д*), работающих со вставными зубьями *6*, расположенными на торцовой и наружной ее поверхностях, производят в следующей последовательности: вначале вставляют конус *1* оправки в конус шпинделя станка и закрепляют болтом *2*, затем на цилиндрическую часть оправки и шпонку *3* надевают фрезу *4* и закрепляют винтом *5*.

### § 4. Заточка, доводка и контроль режущего инструмента

*Заточка фрез* — операция получения заданных геометрических параметров инструмента, а также восстановления его режущих свойств, утраченных в результате износа.

Правильно выполненная заточка увеличивает стойкость фрезы, а следовательно, снижает расход режущего инструмента. При эксплуатации не следует доводить фрезы до величин износа, превышающих установленные оптимальные значения, принятые за критерий затупления. Необходимо следить за состоянием режущих кромок и производить своевременную заточку фрез, не допуская чрезмерно большого износа или поломки зубьев, проверять правильность выбора марки стали инструмента по искре (приложение *1*).

Заточку фрез производят на универсальных или специальных заточных станках. Для обеспечения правильной заточки фрез необходимо, чтобы станки и приспособления удовлетворяли следующим требованиям:

1) шпиндели станков и приспособлений должны обладать достаточной виброустойчивостью, хорошо смазываться и легко вращаться, осевое и радиальное биения не должны превышать 0,01 мм;

2) механизмы подач должны работать без заеданий, иметь минимальные зазоры, обеспечивающие легкое и плавное перемещение закрепленной фрезы;

3) сменные шпиндели и шайбы для крепления заточных кругов должны обеспечивать точную посадку заточного круга или доводоч-

ного диска, не вызывая вибраций при заточке и неравномерного износа круга или диска;

4) суммарное биение шпинделя станка, приспособления и оправки должно быть меньше допустимого биения затачиваемой фрезы.

В зависимости от типа фрез и материала их режущей части для заточки применяют круги из различных материалов. Для заточки твердосплавных фрез применяют в основном алмазные заточные круги.

**Алмазная заточка и доводка режущих кромок твердосплавных фрез** имеет ряд преимуществ по сравнению с заточкой абразивными кругами, заключающихся в том, что при работе алмазными кругами достигают шероховатость поверхности $Ra = 0{,}16 \div 0{,}02$ мкм. При строгом соблюдении режимов заточки алмазное шлифование не вызывает структурных изменений в материале режущей кромки. На режущих кромках фрезы отсутствуют микротрещины и уменьшаются внутренние напряжения, поэтому стойкость фрез после алмазной обработки увеличивается в 2—3 раза по сравнению со стойкостью фрез, обработанных шлифовальными кругами.

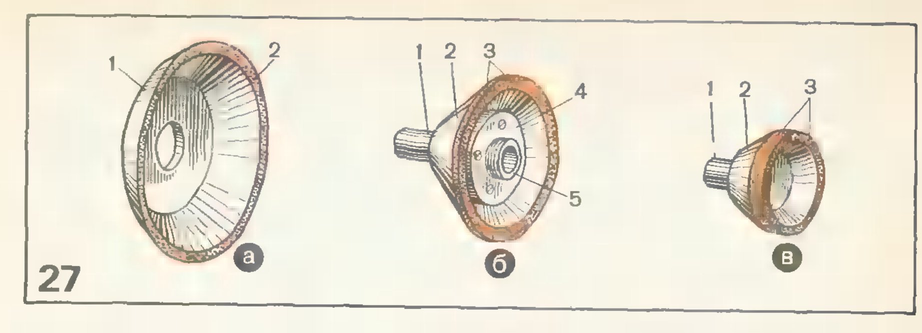
Алмазные круги обладают высокой стойкостью, т. е. способностью длительное время сохранять форму и размеры, что особенно важно при обработке сложных поверхностей. Алмазные круги на металлической связке (МI, МИ, МК и др.) применяют для предварительной заточки. Форму и размер алмазных инструментов выбирают в зависимости от характера операции. Круги на бакелитовой связке Б1, Б2, Б3 рекомендуется применять для доводки режущих граней фрез, когда снимается слой толщиной 0,03—0,06 мм, а шероховатость $Ra = 0{,}16 \div 0{,}02$ мкм.

На рис. 27, *а, б, в* изображены формы стандартных алмазных кругов для заточки и доводки режущих кромок фрез. Корпус кругов изготовлен из алюминиевых дисков с алмазным покрытием. На рис. 27, *а* показана форма чашечного круга *1*, торцовая поверхность которого покрыта алмазным слоем *2* на бакелитовой или металлических связках. На рис. 27, *б* показана форма чашечно-конического алюминиевого диска *2*, торцовые и боковые поверхности которого покрыты алмазным слоем *3* на бакелитовой или металлических связках. Во внутренней части диска установлен хвостовик *1* с резьбовым наконечником *5*, на котором навернута шайба *4* и закреплена винтами. На рис. 27, *в* показана конусно-цилиндрическая форма алюминиевого диска *2* с хвостовиком *1*, торцовая и боковая поверхности которых покрыты алмазным слоем *3* на бакелитовой или металлической связке.

Все более широкое применение находит заточка фрез, изготовленных из быстрорежущей стали, абразивными кругами из эльбора. При такой заточке фрез уменьшается возможность возникновения прижогов.

Заточка фрезы с винтовым зубом на универсально-заточном станке показана на рис. 27, *г*. Станок состоит из основания *1*, стола *2*, с установленными на нем передней *3* и задней *24* бабками. На передней бабке *3* смонтирован шпиндель *10* с делительным диском *8* и нониусом *9*. По центру основания *1* с обратной стороны стола установлена и закреплена колонна *13* со шпиндельной головкой, а на верхней ее части установлена





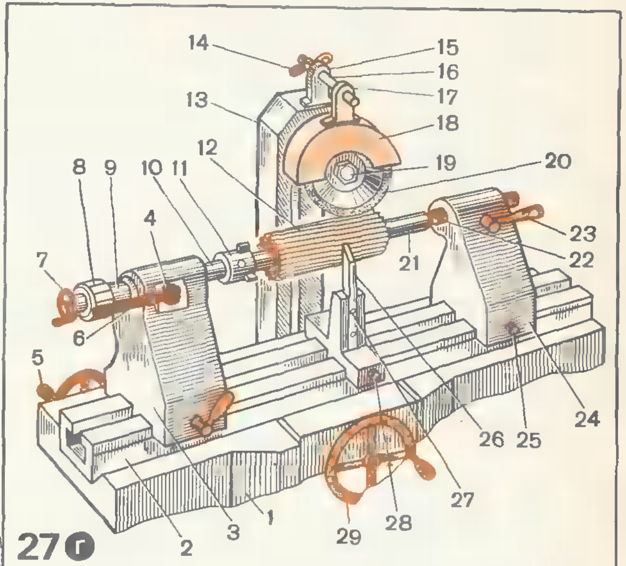




**Рис. 27.**
**Заточка фрез кругами:**
*а* — чашечный круг с торцовым *покрытием алмазным слоем*; *б* — чашечный круг с боковым и торцовым покрытием алмазным слоем; *в* — конусно-цилиндрическая форма круга; *г* — заточка прямозубых фрез на поворотном универсально-заточном станке

и закреплена болтами стойка *15* с пазом. Прежде чем приступить к заточке, фрезу *12* с оправкой следует вставить и закрепить в патроне *11*, затем заднюю бабку *24* подводят к оправке *21* и закрепляют ее болтом *25*. После этого вращением маховичка *7* прижимают оправку *21* к центру *22* и закрепляют его рукояткой *23*. Закрепив бабки *3* и *24*, приступают к заточке фрезы. Для этого в первую очередь закрепляют на стойках *15* и *17* винтом *14* ось *16* кожуха *18* в таком положении, чтобы абразивный круг *20* был закрыт выше центра шпинделя *19* на 50—70 мм. После этого на стол *2* станка устанавливают стойку с регулируемым упором *26* и закрепляют винтами *27* и *28*. С помощью маховичков *5* и *29* продольного перемещения и подъема стола станка устанавливают круг *20* в необходимое положение по отношению к фрезе. Затем в паз делительного диска *8* вводят фиксатор *6*, находящийся на шарнире *4* стойки *3*, и закрепляют его. Убедившись, что фреза надежно закреплена и точно установлена по отношению к кругу, от руки, вращая маховичок *5*, перемещают стол по направляющим основания станка, периодически пово-

рачивая делительный диск на следующий зуб. При заточке фрезы с винтовыми остроконечными зубьями (рис. 28, *а*) по задней поверхности ось круга устанавливают относительно фрезы *1* так, чтобы круг *2* касался затачиваемой фрезы только одной стороной. С этой целью торцовую плоскость чашечного круга наклоняют под углом 1—2° к оси фрезы. Для образования заднего угла ось чашечного круга располагают ниже оси затачиваемой фрезы на величину *H* (рис. 28, *б*), которую определяют в зависимости от диаметра фрезы и заднего угла по формуле

$$H = \frac{D}{2} \sin\alpha.$$

Если оси чашечного круга и затачиваемой фрезы будут расположены в одной горизонтальной плоскости, то задний угол после заточки будет равен нулю. Положение зуба фрезы при заточке фиксируется упором *3*, который устанавливают очень близко к режущей кромке. Иногда применяют специальный прибор для установки упора по высоте. При заточке цилиндрических фрез дисковыми кругами задняя поверхность зуба получает несколько вогнутую форму с увеличенными значениями заднего угла. Однако при правильном выборе диаметра шлифовального круга *2* эта вогнутость не оказывает вредного влияния на режущие кромки фрезы.

Заточка фрез по передней поверхности осуществляется также на универсальном заточном станке (рис. 29). Прежде чем приступить к заточке цилиндрической фрезы с остроконечными зубьями чашечным кругом *2*, необходимо проверить жесткость его крепления на шпинделе *1* и установку фрезы *3* на оправке *4*. Затем с помощью делительного диска и маховичков продольного перемещения и подъема стола станка (см. рис. 27, *г*) устанавливают зуб фрезы и затачивают его переднюю поверхность.

Заточка фасонных фрез осуществляется по передней поверхности зуба торцом тарельчатого или периферией алмазного круга. При этом величина переднего угла после заточки должна отклоняться от заданной по чертежу не более +1°, так как изменения переднего угла вызывают искажение профиля фрезы.

Заточку или доводку задней поверхности торцовых фрез производят торцовой плоскостью чашечного круга. Фрезу сначала устанавливают так, чтобы режущая кромка занимала горизонтальное положение. Затем ось фрезы поворачивают в горизонтальной плоскости на величину вспомогательного угла в плане $\varphi_1$ и одновременно наклоняют в вертикальной плоскости на величину вспомогательного заднего угла (рис. 30).

Для заточки и доводки комплекта дисковых фрез используется приспособление, показанное на рис. 31, которое устанавливают на стол заточного станка *1*.

В приспособлении имеется плита *18*, на которой жестко закреплены болтами *12*, *23* и штифтами два опорных кронштейна *19* и *22*. В кронштейнах расточены два отверстия разных диаметров на расстоянии *h* от опорной плоскости плиты *18*. На передней части плиты установлена и закреплена болтами *21* и штифтами стойка *20*, в которой имеется



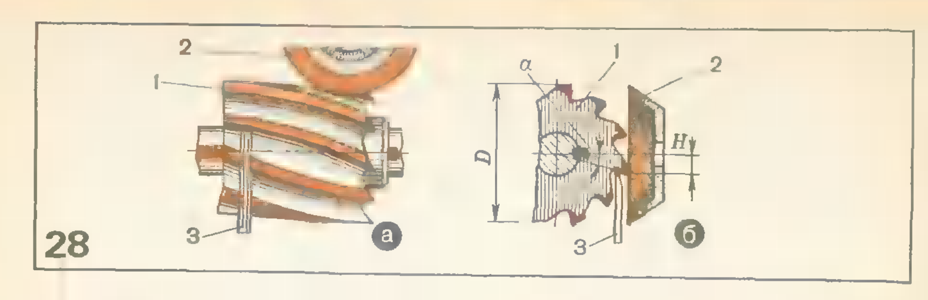



**Рис. 28.** Заточка фрез с винтовыми зубьями:
*а* — схема, *б* — установка фрезы

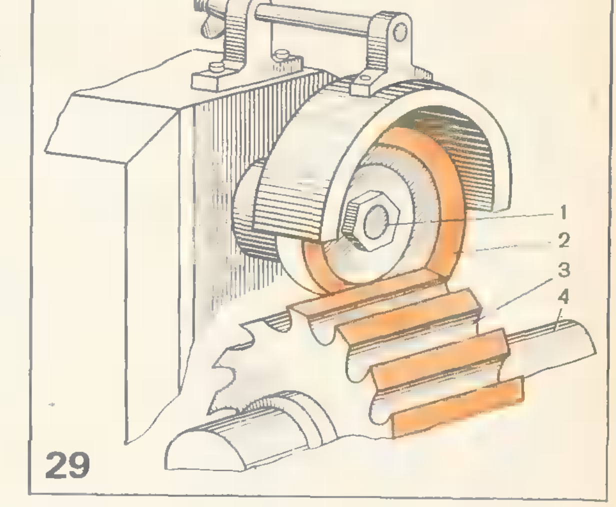
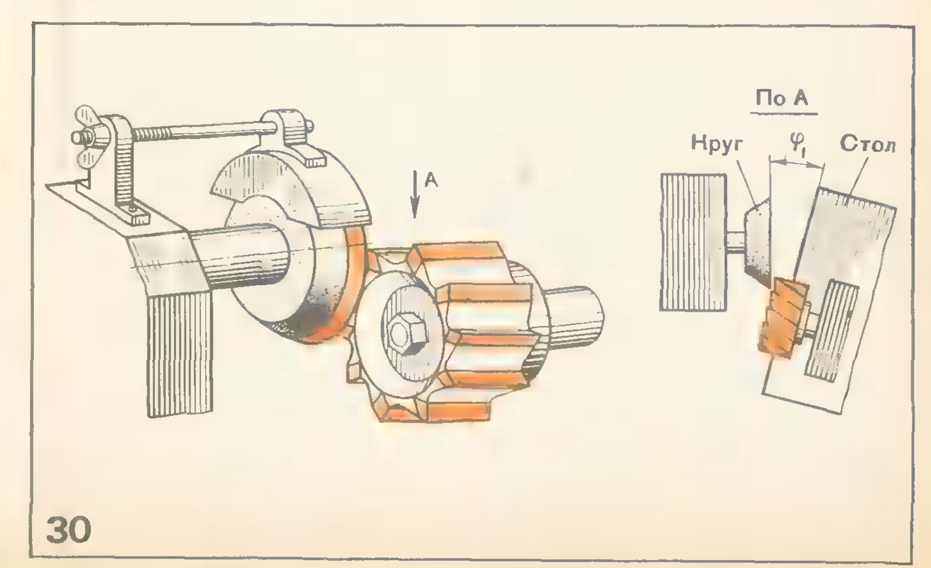
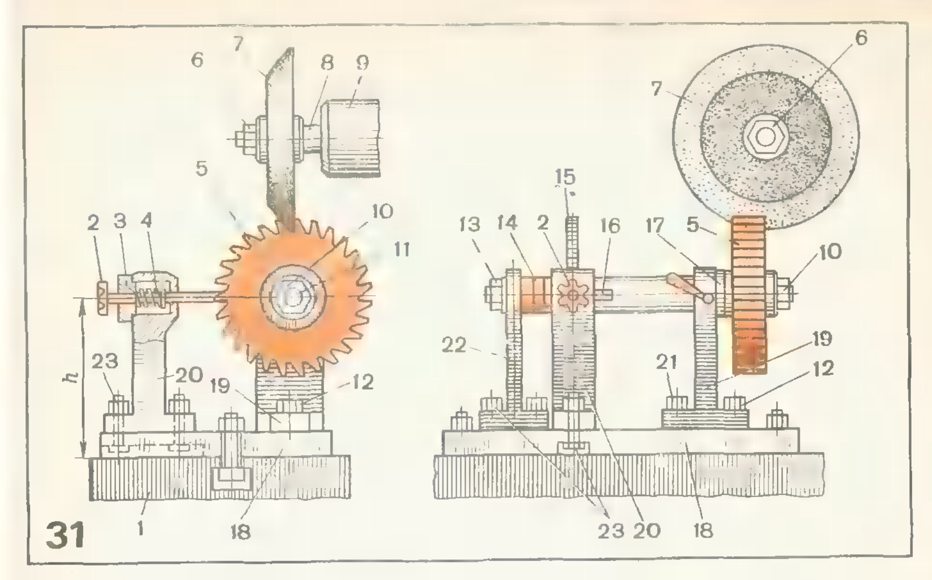



**Рис. 29.** Заточка передней поверхности зуба фрезы

**Рис. 30.** Заточка торцом круга задней поверхности торцовых зубьев фрезы






направляющее отверстие с резьбой. При сборке [redacted] направляющее отверстие вставляют точно обработанный (закаленный) стальной фиксатор *2* со спиральной пружиной *4* и закрепляют резьбовой втулкой *3*. На фиксатор надевают ручку, которую шплинтуют штифтом.

В процессе работы в первую очередь в отверстие кронштейна *22* вставляют вал *11* на половину его длины. Затем на меньший его диаметр и шпонку *16* надевают делительный диск *15* и установочные втулки *14* с тем, чтобы делительный диск *15* находился в правильном положении по отношению к фиксатору *2*. После этого вал закрепляют гайкой *13* так, чтобы он свободно от руки вращался.

Закончив наладку приспособления, на вал *11* и его шпонку устанавливают комплект дисковых фрез *5* и закрепляют их гайкой *10*. Затем на оправку *8*, установленную [redacted] шпинделе *9*, надевают тарельчатый круг *7* и закрепляют его гайкой *6*. Убедившись, что приспособление установлено на столе станка правильно, с помощью маховичков продольного перемещения и подъема стола устанавливают комплект фрез в нужное положение по отношению к кругу с помощью колец *17*. После этого приступают к заточке или доводке зуба. Для перехода к следующему зубу фиксатор *2* оттягивают на себя и, придерживая его левой рукой, [redacted] правой поворачивая делительный диск, осуществляют поворот на следующий зуб, после чего фиксатор отпускают. Вследствие внедрения этого приспособления качество заточки фрез резко повысилось, [redacted] время заточки уменьшилось в 3—4 раза.

**Приемы контроля фрез после заточки.** Важным моментом [redacted] процессе и после заточки фрез является их контроль. Контроль фрез включает проверку геометрических параметров режущей части, биения фрезы и шероховатости заточенных или доведенных поверхностей.

Для контроля геометрических параметров фрез применяют измерительные инструменты и приборы. Основные требования, предъявля-



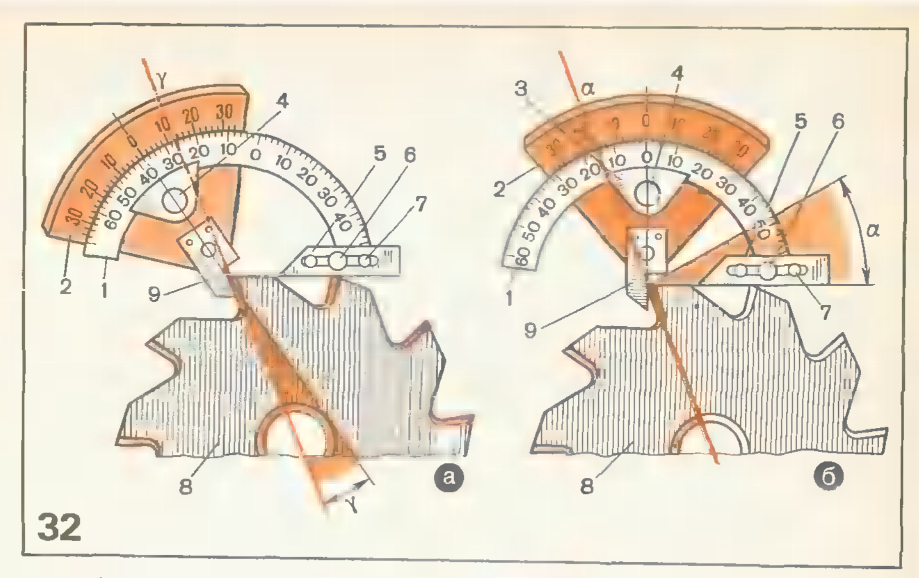



**Рис. 31.**
**Специальное приспособление для [redacted] комплекта дис[redacted] прорезных фрез**

**Рис. 32.**
**Приемы измерения геометри[redacted] параметров фрез после заточки углов:**
[redacted] переднего; *б* — заднего

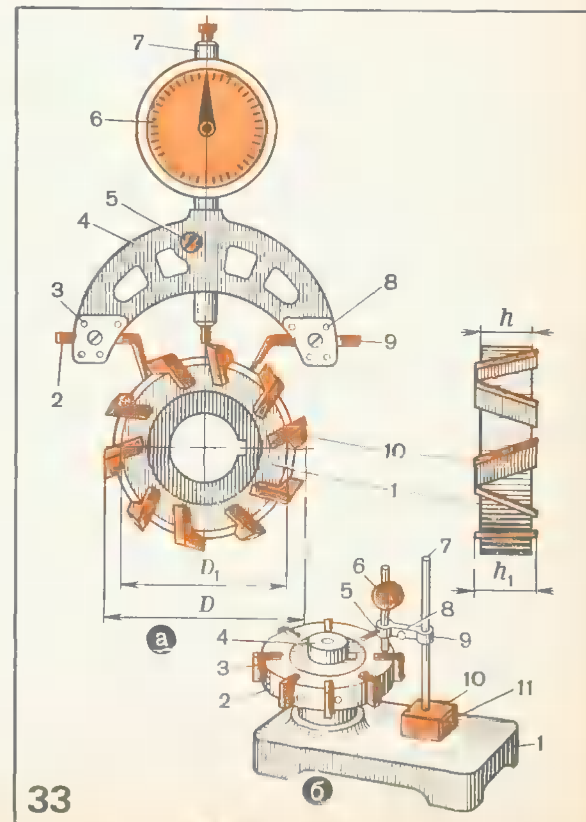



**Рис. 33.**
**Установка [redacted] контроль биения зубьев (ножей) фрезы [redacted] помощью индикаторного приспособления:**
*а* — установка по торцу; *б* — контроль [redacted] торцу

емые к этим приборам, — простота их в эксплуатации и возможность пользования ими непосредственно на рабочем месте.

На рис. 32 показаны схемы измерения переднего и заднего углов фрезы с помощью угломера. Угломер состоит из дуги *1* со шкалой и рисками, соответствующими числу зубьев измеряемой фрезы *8*. Сектор *2* перемещается по дуге *1* и фиксируется в требуемом положении прижимом *3* и винтом *4*. Сектор снабжен шкалами, по которым отсчитывают углы: передние — по шкале γ и задние — по шкале α. К сектору *2* прикреплена измерительная линейка *9*, а на дуге *1* имеются два штифта *7*, по которым перемещается опорная линейка *5*, закрепляемая винтом *6*. Передний угол измеряют в плоскости, перпендикулярной главной режущей кромке фрезы, поэтому при измерении линейку *9* угломера располагают в этой плоскости (главной секущей плоскости). В процессе измерения переднего угла γ (рис. 32, *а*) угломер накладывают на два соседних зуба фрезы. На измеряемый зуб угломер опирается линейкой *9*, которая при перемещении сектора *2* должна совпасть с передней поверхностью зуба. На соседний зуб базируют опорную линейку *5*. Задний угол фрезы измеряют в плоскости, перпендикулярной оси фрезы. В связи с этим поверхность измерительной линейки *9* угломера должна располагаться также в этой плоскости (рис. 32, *б*). Сектор *2* угломера поворачивают до «беззазорного» совмещения задней поверхности измеряемого зуба с измерительной поверхностью линейки; при этом опорная подвижная линейка касается вершины соседнего зуба. Отсчет в этом случае производят по левой стороне сектора с надписью «задний угол» также против штриха с отметкой, соответствующей числу зубьев фрезы. Погрешность угломера составляет примерно 30′.

На рис. 33, а показан способ предварительной установки ножей *10* по отношению к цилиндрической поверхности корпуса *1* сборной фрезы. Прежде чем приступить к контролю биения, в первую очередь следует предварительно проверить микрометром диаметр $D_1$ корпуса и наружный диаметр $D$ фрезы, а также проверить торцовое биение ножей. Для этого фрезу устанавливают на оправку и с помощью индикаторного устройства проверяют с двух сторон, нет ли биения кромок зубьев по отношению к торцу корпуса, а также измеряют размеры ножей $h$ и $h_1$. Убедившись, что ножи *10* установлены правильно, приступают к проверке биения режущих кромок после заточки фрезы. Вначале проверяют крепление винтами *3* и *8* в скобе *4* индикаторного устройства двух губок *2* и *9*, а также крепление винтом *5* трубки индикатора *6*. Затем пальцами левой руки захватывают скобу *4*, а правой рукой — фрезу, устанавливают губки *2* и *9* на корпусе, а наконечник *7* индикатора *6* на режущую кромку ножа *10*. Периодически переставляя губки и наконечник индикатора, проверяют установку или биение всех ножей в корпусе фрезы.

Контроль биения зубьев фрез осуществляют с помощью индикатора в тех же приспособлениях для заточки, в центровых бабках или в специальных приспособлениях.

Фрезы, у которых посадочным местом является отверстие, при контроле устанавливают на оправку *4* (рис. 33, *б*). Фрезы с цилиндрическим или коническим хвостовиком при контроле устанавливают либо в направляющей призме, либо в приборе для контроля биения рабочей части концевых инструментов. Биение проверяют по цилиндрической поверхности зубьев *3*, по торцам зубьев, угловым кромкам и опорному торцу.



В процессе измерения на плиту *1* устанавливают магнитный кубик *10* со стойкой 7, по которой при необходимости перемещается державка *9* с хомутиком *5*, с закрепленным в нем винтом *8* и индикатором *6*. При перемещении индикаторного устройства по плите магнитный кубик включают кнопкой *11*. Затем, периодически поворачивая на оправке *4* корпус фрезы *2*, проверяют биение зубьев фрезы.

### § 5. Контрольно-измерительный инструмент, используемый при расточных и фрезерных операциях

**Плоско-параллельные концевые меры длины.** Большое значение для получения заданной точности обработки деталей имеет умение токаря-расточника и фрезеровщика правильно обращаться с контрольно-измерительным инструментом. К контрольно-измерительному инструменту относятся плоско-параллельные концевые меры длины (плитки), которые применяют при необходимости получения особо высокой точности деталей. Эти плитки используют при проверке точного растачивания деталей штампов и пресс-форм, а также при установке и регулировании различных приборов и станков.

Для обеспечения сохранности плиток их размещают в ящиках. На рис. 34, а показан ящик *1*, в гнездах которого вставлен набор плоско-параллельных плиток концевых мер длины. Прежде чем приступить к набору блока концевых мер длины *3*, *4* и *7*, их нужно тщательно протереть куском замши. Способ притирки показан на рис. 34, *б*. Левой рукой берут пластинку *7*, а правой рукой пластинку *3* и, приложив их друг к другу, начинают притирать одну к другой. Убедившись, что плитки притерты, приступают к измерению заданного линейного размера. Затем кусок замши *5* укладывают в коробку и закрывают крышку *6* на защелки *2*. Наиболее распространенным является набор № 1, состоящий из 87 плиток, и № 2 из 42 плиток.

На рис. 35 показан настольный ящик *1*, предназначенный для хранения контрольных игл *5* (калибров), штихмасов *7*, установочных колец *8*. Он очень удобен и прост в изготовлении. Каркас ящика изготовлен из алюминиевых пластин (2 мм) и сварен аргонной сваркой. Нижнюю часть (дно) ящика заполняют папье-маше — студенистой массой, состоящей из столярного клея и бумажной макулатуры. На папье-маше толщиной 30—40 мм настилают байку или бархат, кладут на ткань штихмасы *7*, а также кольца *8* и надавливают на них. Штихмасы и кольца должны находиться в образовавшихся гнездах 2—3 ч до затвердения папье-маше. Предварительно штихмассы и кольца промывают в бензине и слегка смазывают техническим вазелином, чтобы они не заржавели при просачивании через материал жидкого клея. Затем в двух стойках *3* и *4* сверлят отверстия для игл *5* и *9* (калибров), отверстия с двух сторон ящика для оси *10*, резьбовых шпилек. Через отверстия в

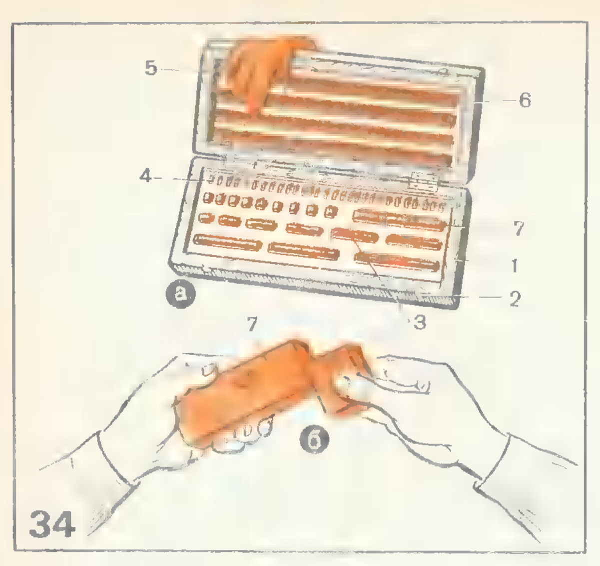



**Рис. 34.**
**Плоско-параллельные концевые меры длины:**
а — набор, б — прием набора блока концевых мер

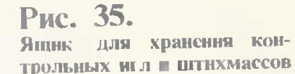


**Рис. 35.**
**Ящик для хранения контрольных игл и штихмассов**

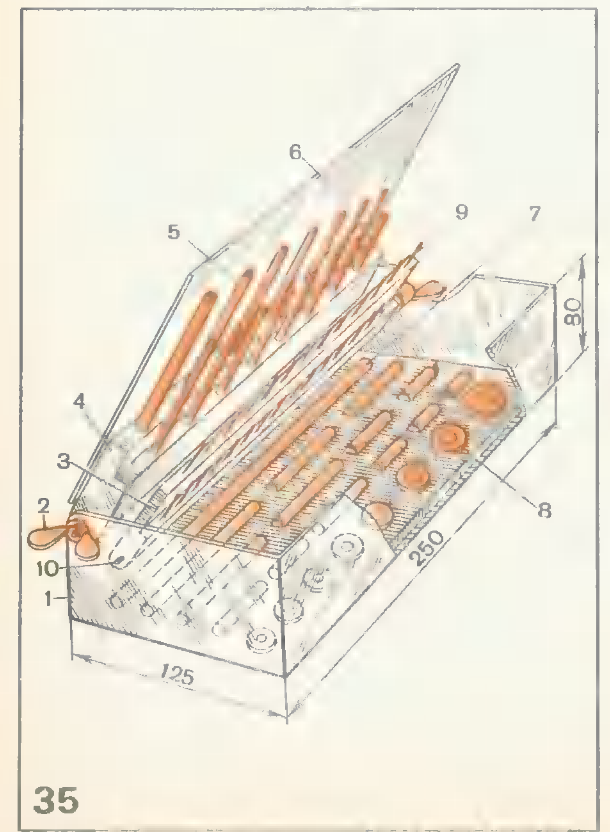
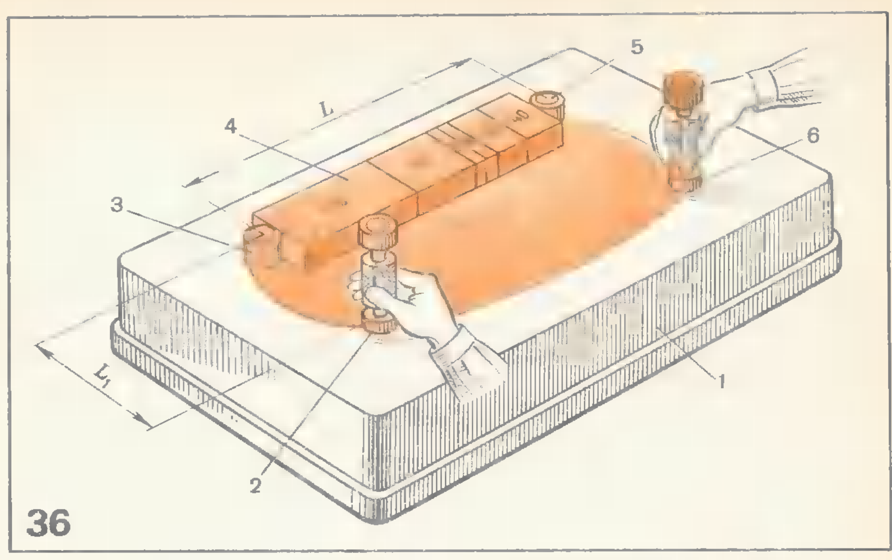
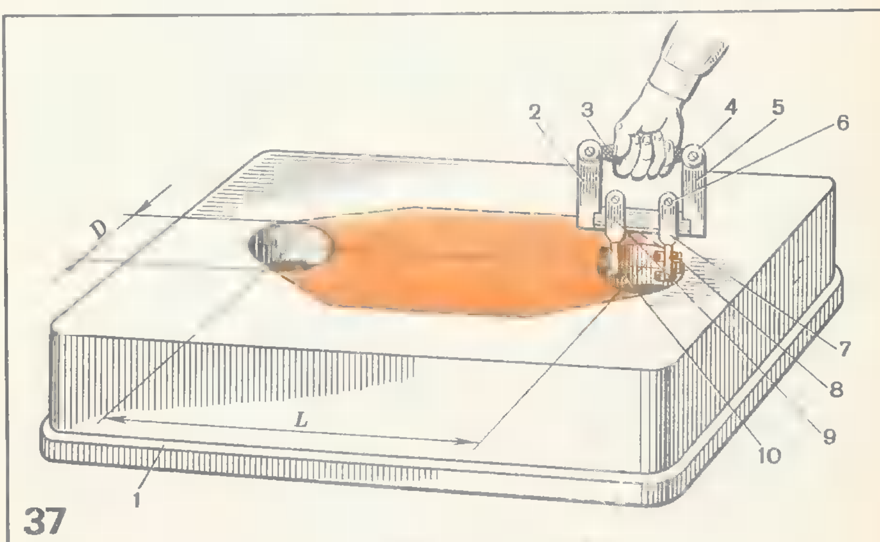



**Рис. 36.**
**Приемы измерения четырех обработанных отверстий в матрице калибрами и с помощью концевых мер**

**Рис. 37.**
**Приемы измерения внутреннего диаметра отверстий матрицы с помощью универсального калибра-скобы**






ящике в стойки запрессовывают оси *10* с резьбовыми шпильками и наворачивают на них барашки *2*. Затем винтами закрепляют крышку *6* со стойкой *4*. После этого штихмассы и кольца укладывают в гнезда, а иглы в соответствии с их размерами (диаметрами) вставляют в стойки.

На рис. 36 показаны прием измерения четырех обработанных отверстий в матрице *1* с помощью калибров и плиток концевых мер. В первую очередь следует тщательно протереть обработанную поверхность отверстия и контрольный инструмент. Затем правой рукой

берут калибр *2* ■ вставляют в отверстие матрицы непроходной стороной и легким нажимом на калибр проверяют отверстие. Убедившись, что непроходная сторона калибра не входит в отверстие, калибр переворачивают ■ вставляют его ■ отверстие проходной стороной, снимают пальцы правой руки с калибра *6* ■ последний под действием силы тяжести должен войти ■ отверстие, ■ это значит, что отверстие обработано ■ пределах допуска. После этого во все четыре отверстия вставляют контрольные штифты *3* ■ *5* соответствующих диаметров или калибры и с помощью набора плиток концевых мер *4* проверяют межцентровые расстояния $L$ и $L_1$.

На рис. 37 изображен способ предварительного измерения диаметра $D$ обработанных технологических отверстий ■ межцентрового расстояния $L$ матрицы *1* перед фрезерованием. ■ отличие от предыдущего приема (см. рис. 36) данный прием измерения производят с помощью универсальной сборной скобы—калибра. Для удобства сборки ■ получения требуемого размера с необходимой точностью нужно стойки *2*, *5* ■ ручку *3* закрепить винтами. Затем губки *7* ■ *9* с напаянными твердосплавными пластинками *8* — для проходной части ■ *10* — для непроходной части скобы (заранее доведенные) раздвигают ■ устанавливают по микрометру на требуемые размеры. Губки закрепляют фиксирующими винтами *6*, головки винтов заливают сургучом или закрашивают красной краской. Убедившись, что размеры калибра установлены правильно, приступают ■ измерению отверстий. Пальцами правой руки захватывают ручку *3* и вставляют губки в контролируемое отверстие. Этот метод контроля очень удобен ■ экономичен, так как ■ нужно иметь несколько калибров и скоб разных размеров.

**Штангенинструменты** являются наиболее распространенными в машиностроении измерительными инструментами. Они основаны на применении нониусов, по которым отсчитывают дробные доли делений.

**Штангенциркуль ШЦ-1** применяют для измерения наружных и внутренних поверхностей, диаметров, глубины глухих отверстий, выточек.

Основной частью штангенциркуля (рис. 38) является штанга *1* с миллиметровыми делениями, на одном конце которой имеются неподвижные измерительные губки, ■ ■ другом — линейка *5* для измерения глубины. По штанге может передвигаться рамка *3* с губкой *6*. Рамку при измерении закрепляют на штанге винтом *2*. На скошенной грани рамки *3* нанесена шкала (нониус). Нижние губки служат для измерения наружных размеров детали, ■ верхние — для внутренних.

Шкала нониуса длиной 19 мм разделена на 10 равных частей, следовательно, каждое деление нониуса равно 19:10 = 1,9 мм, т. е. оно короче расстояния между двумя делениями, нанесенными на шкале штанги, на 0,1 мм. Рамка *3* после перемещения в нужном положении фиксируется с помощью пластинчатой пружины *4*. При сомкнутых губках начальные деления нониуса совпадают с нулевым штрихом шкалы штанги *1*, и последний — десятый штрих нониуса — с девятнадцатым штрихом шкалы.

Измерение штангенциркулем линейных размеров $L$ детали *4*



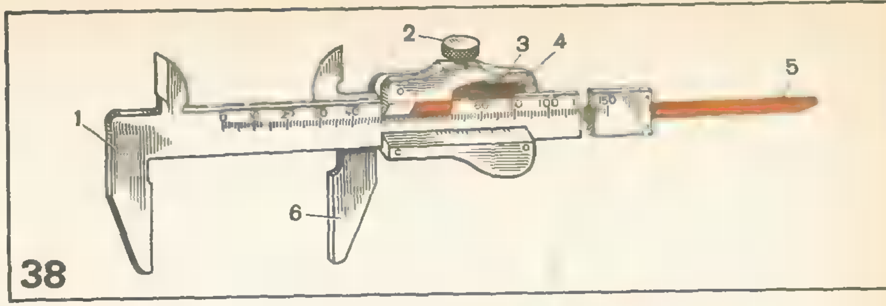



**Рис. 38.**
**Штангенциркуль ШЦ-1**

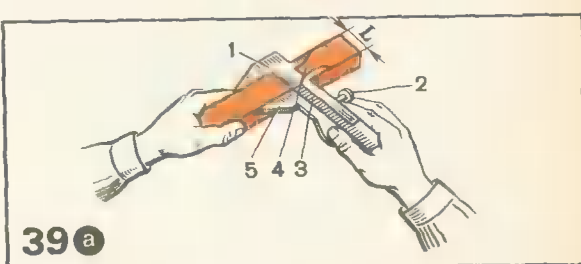
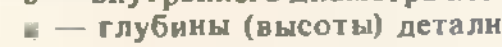
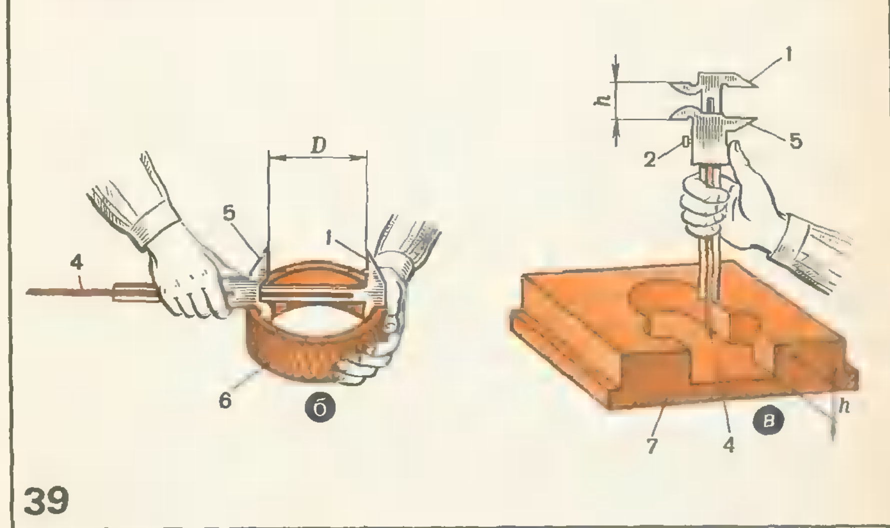
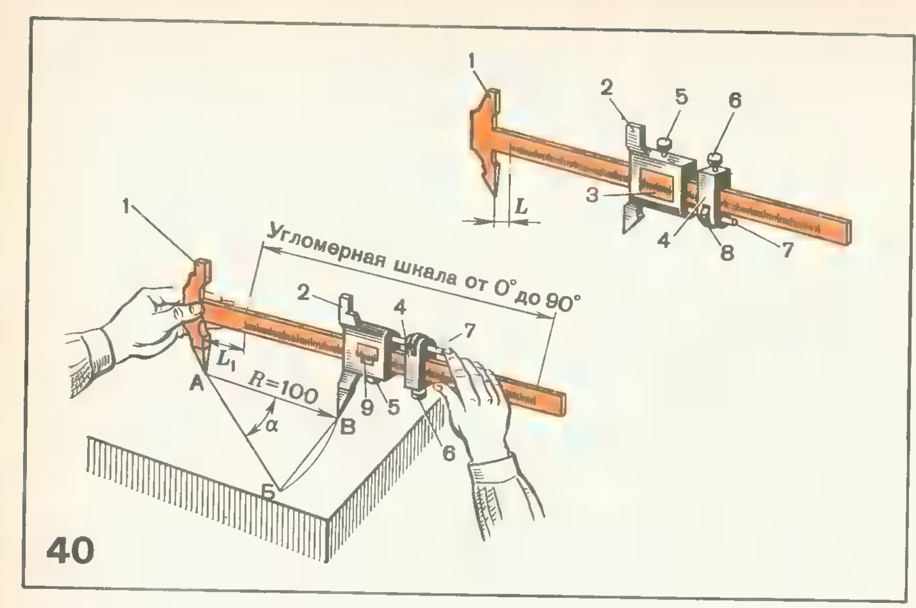



**Рис. 39.**
**Способ измерения ■ помощью штангенциркуля:**
*а* — наружного размера пластины;
*б* — внутреннего диаметра кольца;

■ — глубины (высоты) детали




(рис. 39, *а*) производят ■ следующей последовательности: вначале деталь *4* берут в левую руку, ■ штангенциркуль — в правую, нажатием пальца перемещают подвижную рамку *5* по штанге *1* до тех пор, пока рабочие поверхности губок ■ будут плотно прилегать ■ поверхности измеряемой детали; затем рамку закрепляют винтом *2*.

На рис. 39, *б* показаны прием измерения штангенциркулем внутреннего диаметра $D$ в кольце *6*. Кольцо берут ■ левую руку, ■ пальцами правой руки захватывают штангу *1* и рамку *5*, затем нажатием большо-



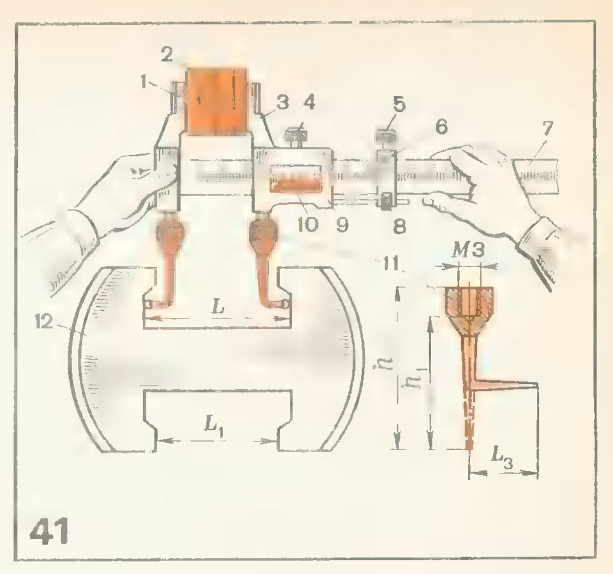




**Рис. 40.**
**Штангенциркуль ■ угломерной шкалой**

**Рис. 41.**
**Способ измерения внутреннего профиля пуансона штам- ■ ■ помощью специального штангенциркуля**

го пальца перемещают подвижную рамку по штанге до тех пор, пока рабочие поверхности губок не будут плотно прилегать к измеряемой поверхности детали. После этого по нониусу *3* и шкале штанги определяют измеряемый размер. На рис. 39, ■ изображен способ измерения высотных размеров ■ профиле матрицы *7* пресс-формы с помощью глубиномера *4* штангенциркуля. Четырьмя пальцами правой руки захватывают штангу *1* штангенциркуля ■ опирают торцом на верхнюю поверхность матрицы, ■ большим пальцем, нажимая на выступ подвижной рамки *5*, раздвигают рамку до тех пор, пока глубиномер *4* не коснется нижней поверхности матрицы, после этого рамку закрепляют винтом *2* и проверяют микрометром размер *h*. Убедившись, что размер соответствует чертежу, приступают к измерению других размеров профиля матрицы.

Штангенциркуль, показанный ■ рис. 40, предназначен для разметки деталей. На лицевой стороне штанги *1* ■ расстоянии *L* от плоскости неподвижной ее губки нанесена миллиметровая шкала, ■ на обратной стороне штанги на расстоянии $L_1$ от плоскости неподвижной ее губки заградуирована угломерная шкала от 0 до 90°, угол по которой отсчитывают по риске *9*, нанесенной ■ окне рамки *2*. При сдвинутом положении неподвижной губки штанги *1* и губки рамки *2* угломерная риска *9* совпадает с нулевой риской нониуса *3*.

Прежде чем приступить ■ разметке, нужно ■ первую очередь пальцами левой руки захватить губки штанги *1*, после чего освободить винты *5* и *6*, зажимающие рамку *2* и хомутик *4*, и дать свободный ход микрометрическому винту *7* и гайке *8*. Затем пальцами средним, безымянным и мизинцем правой руки необходимо слегка захватить штангу *1*, ■ указательным и большим пальцами руки одновременно упереться ■



торец микровинта *7* и хомутик *4*, передвигать его и рамку *2* по штанге *1*, устанавливая по риске *9* размер *L*, соответствующий углу α. Убедившись, что штангенциркуль установлен правильно и хорда соответствует заданному размеру *L* согласно табл. 1, винтами *5* и *6* закрепляют рамку *2* и хомутик *4*. Затем накернивают точку *А* — вершину угла α. После этого устанавливают острие неподвижной ножки штанги *1* в точку *А*, ■ правой рукой поворачивают штангенциркуль; из точки *А* как центра проводят окружность радиусом $R = 100$ мм. На полученной окружности берут точку *Б* ■ от нее по дуге окружности откладывают размер хорды *L*, соответствующий углу α (см. табл. 1), после чего чертилкой по линейке соединяют точки *А* и *Б*, получают заданный контур детали.

**Штангенциркуль** со вставными мерными штифтами (рис. 41) предназначен для контроля внутренних и наружных размеров в труднодоступных местах деталей. Особенностью этого штангенциркуля является возможность установки различных по длине и форме мерных штифтов *11* ■ зависимости от конкретного назначения инструмента. Штифты, имеющие измерительные сферические наконечники, навинчивают на специальные губки *1* и *3*. При измерении вначале между губками *1* и *3* устанавливают блок плиток *2* и закрепляют рамку *9* и хомутик *6*. После этого проверяют размер *L* между сферическими наконечниками. Если размер *L* измерен на детали *12* точно, вынимают блок плиток *2* и освобождают винт *4*. Пальцами левой руки захватывают губку *1* со штангой *7*, устанавливают с помощью микровинта *8* и нониуса *10* размер $L_1$ и закрепляют винтом *4* рамку *9*. После этого пальцами правой руки, захватывая штангу *7*, вставляют мерные штифты *11* во внутренний паз детали *12*, проверяя размер $L_1$

В ряде случаев стандартный измерительный инструмент не обеспечивает требуемой точности измерения. Н[illegible]

Таблица 1

**Таблица значений хорд для определения угла на штангенциркуле**

| Угол, град | Длина хорды $L$, мм | Угол, град | Длина хорды $L$, мм | Угол, град | Длина хорды $L$, мм | Угол, град | Длина хорды $L$, мм | Угол, град | Длина хорды $L$, мм |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | По риске | 18 | 31,29 | 36 | 61,80 | 54 | 90,80 | 72 | 117,56 |
| 1 | 1,75 | 19 | 33,01 | 37 | 63,46 | 55 | 92,35 | 73 | 118,96 |
| 2 | 3,49 | 20 | 34,73 | 38 | 65,11 | 56 | 93,89 | 74 | 120,36 |
| 3 | 5,24 | 21 | 36,45 | 39 | 66,76 | 57 | 95,43 | 75 | 121,75 |
| 4 | 6,98 | 22 | 38,16 | 40 | 68,40 | 58 | 96,96 | 76 | 123,13 |
| 5 | 8,72 | 23 | 39,87 | 41 | 70,04 | 59 | 98,48 | 77 | 124,50 |
| 6 | 10,47 | 24 | 41,58 | 42 | 71,67 | 60 | 100,00 | 78 | 125,86 |
| 7 | 12,21 | 25 | 43,29 | 43 | 73,30 | 61 | 101,51 | 79 | 127,22 |
| 8 | 13,95 | 26 | 44,99 | 44 | 74,92 | 62 | 103,01 | 80 | 128,56 |
| 9 | 15,9 | 27 | 46,69 | 45 | 76,54 | 63 | 104,50 | 81 | 129,89 |
| 10 | 17,43 | 28 | 48,38 | 46 | 78,15 | 64 | 105,98 | 82 | 131,21 |
| 11 | 19,17 | 29 | 50,08 | 47 | 79,75 | 65 | 107,46 | 83 | 132,52 |
| 12 | 20,91 | 30 | 51,76 | 48 | 81,35 | 66 | 108,93 | 84 | 133,83 |
| 13 | 22,64 | 31 | 53,45 | 49 | 82,94 | 67 | 110,39 | 85 | 135,12 |
| 14 | 24,37 | 32 | 55,13 | 50 | 84,52 | 68 | 111,84 | 86 | 136,40 |
| 15 | 26,11 | 33 | 56,80 | 51 | 86,10 | 69 | 113,28 | 87 | 137,67 |
| 16 | 27,83 | 34 | 58,47 | 52 | 87,67 | 70 | 114,72 | 88 | 138,93 |
| 17 | 29,56 | 35 | 60,14 | 53 | 89,24 | 71 | 116,14 | 89 | 140,18 |
| | | | | | | | | 90 | 141,42 |

Примечание. Значение длин хорд соответствует прилежащей стороне измеряемого угла при значении радиуса описанной окружности $R$ = 100 мм.

инструмента может повысить точность измерения и сделать инструмент более универсальным и удобным в работе.

Ниже описаны различные усовершенствования измерительного инструмента, приемы измерения и контроля деталей с помощью этих инструментов. Использование таких инструментов, как показывает

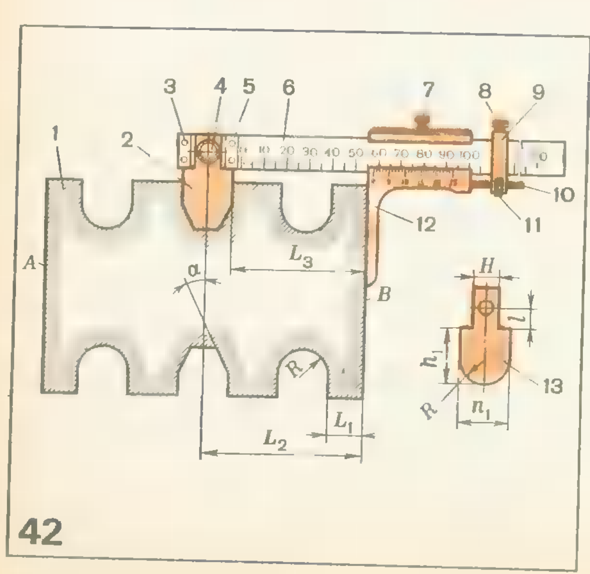



**Рис. 42.**
**Способ контроля профиля пуансона вырубного штампа с помощью специального штангенинструмента**



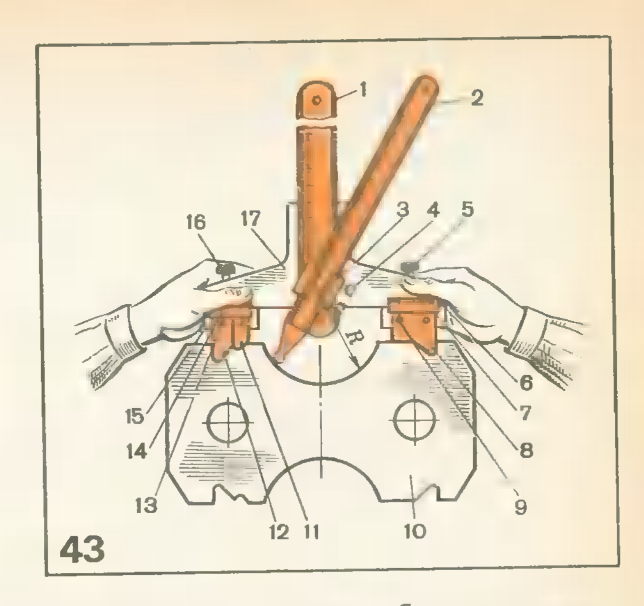



**Рис. 43.**
**Комбинированный способ измерения профиля пуансона с помощью универсального глубиномера**

опыт ряда машиностроительных заводов, позволяет облегчить процесс изготовления деталей на координатно-расточных и фрезерных станках и повысить точность их обработки.

На рис. 42 показан штангенинструмент, предназначенный специально для контроля профилей пазов и канавок штампов и пресс-форм в процессе их обработки.

Перед началом измерения следует в первую очередь установить в паз между двумя планками *3* и *5* шаблон *2* и закрепить его винтом *4*, затем на штанге *6* винтом *8* закрепляют хомутик *9*. Устанавливают между плоскостью шаблона *2* и рамкой—губкой *12* блок плиток, равный размеру $L_3$. С помощью микровинта *10* и гайки *11* рамку—губку *12* подводят к блоку концевых мер и закрепляют ее винтом *7*.

Проверив размер $L_2$ от центра паза до плоскости *B*, деталь *1* переворачивают, и шаблоном *2* проверяют расположение паза и его параллельность плоскости *A*. Убедившись, что профиль угловых пазов обработан точно по допускам рабочего чертежа, шаблон *2* снимают со штангенинструмента и на его место устанавливают фасонный шаблон *13* и закрепляют его винтом *4*. После этого с помощью нониуса рамки—губки *12* и шкалы штанги устанавливают размер $L_1$ и приступают к измерению таким же методом всех остальных пазов. Следует добавить, что установочные габаритные размеры шаблонов *H* и *l*, $n_1$, $h_1$ и *R* должны быть изготовлены точно.

**Универсальный штангенглубиномер** (рис. 43) имеет подъемно-поворотную масштабную линейку и передвижные рамки с установленными на них фасонными сменными профильными шаблонами (выработками), являющимися дополнительным измерительным устройством, которое дает возможность измерять не только глубинные размеры, радиусы вогнутых поверхностей деталей, но и проверять сложные сопряженные профили деталей, обрабатываемых на фрезерных станках.

Внедрение в производство данного измерительного инструмента исключает изготовление дорогостоящих шаблонов.

Процесс сборки (настройки) универсального глубиномера следует делать в такой последовательности. Вначале по пазу основания *17* передвигают ползун *1* со шкалой и фиксируют в нужном положении винтом (с обратной стороны основания), затем ползун соединяют с рамкой винтом. В рамке *3* имеется паз, по которому перемещается масштабная линейка *2*. Масштабную линейку *2* на заданный размер *R* закрепляют винтами *4*. На конце масштабной линейки имеется наконечник с шариком. В пазу основания *17* с двух сторон установлены рамки *6* и *15* с нониусами *7* и *14*, закрепленные винтами *5* и *16*. На рамках закреплены винтами *9* и *13* выработки *8*, *11* и *12* для измерения сложного контура пуансона *10* вырубного штампа.

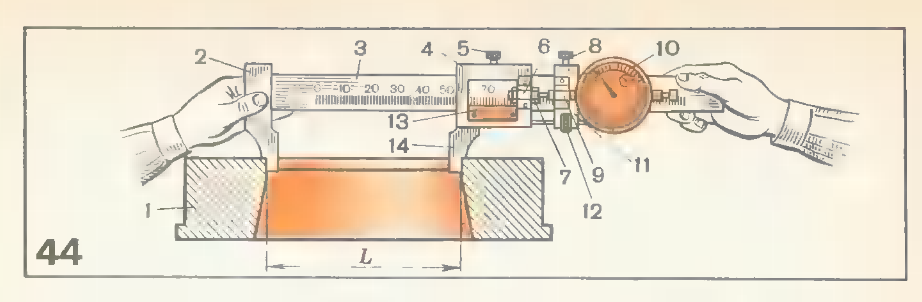
Штангенциркуль с дополнительным индикаторным устройством обеспечивает точность измерения 0,1; 0,05 и 0,02 мм. Наибольшая точность измерения может быть достигнута при контроле деталей размером 25—150 мм. При контроле деталей больших размеров точность измерения снижается. В этих случаях после каждого измерения необходимо проверять раствор губок штангенциркуля с помощью микрометра и сравнивать показания штангенциркуля с показаниями микрометра, на что требуются дополнительные затраты времени. Этого можно избежать, модернизировав стандартный штангенциркуль, установив и закрепив на рамку и хомутик две стойки, в которые вставляют индикатор.

На рис. 44 показан способ измерения размера *L* матрицы *1* штангенциркулем с дополнительным индикаторным устройством. На движке *11* закрепляют стойку *9* с отверстием под головку индикатора *10*, резьбовой наконечник *7* которого соединен со стойкой *6*, закрепленной на рамке *4*. Штангенциркуль настраивают на размер с помощью концевых мер, микрометра или эталона; при этом установку на целые миллиметры осуществляют по нониусу *13*, а на доли миллиметра — по индикатору *10*, стрелка которого при настройке должна находиться в нулевом положении. Движок жестко фиксируют на штанге *3* винтом *8*. При измерении деталей неподвижную губку *2* прикладывают к измеряемому контуру, а подвижную губку *14* перемещают гайкой *12*. Отклонение фактического размера детали от заданного определяют по показаниям индикатора *10*. Установив требуемый размер, подвижную рамку *4* закрепляют винтом *5* и читают показания на шкале штанги *3* и индикаторе *10*.

На рис. 45 показан способ измерения размера *L* матрицы пресс-формы *1* универсальным штангенциркулем с индикаторным и поворотным устройствами губки. Вследствие высокой точности и большого диапазона измерения (150—300 мм) универсальный штангенциркуль заменяет набор штангенциркулей, предназначенных для измерения межцентровых размеров в различных деталях.

Штангенциркуль состоит из неподвижной губки *2* и подвижной губки *15*, выполненной по типу коромысла, качающегося на оси *14* в вилке рамки *4*. Валик *12* индикатора *11* с наконечником *13* вставлен в паз выступа губки *15*.





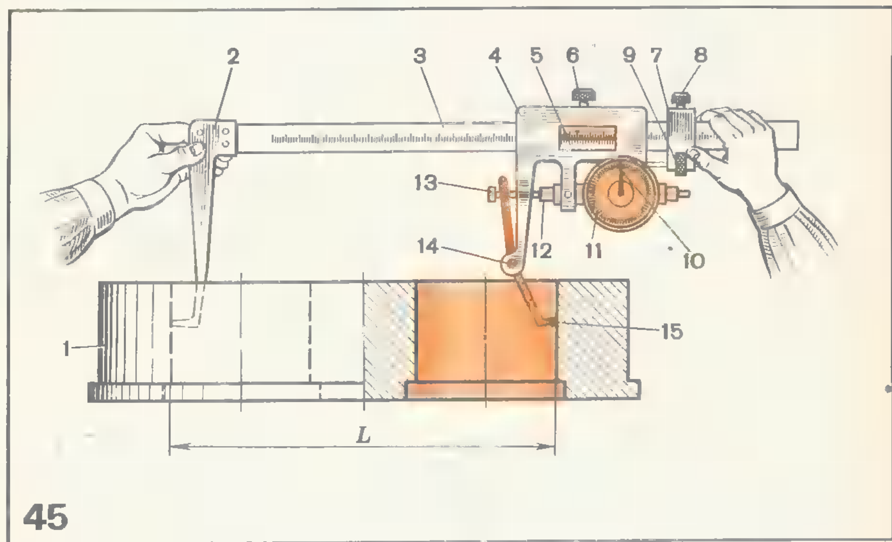
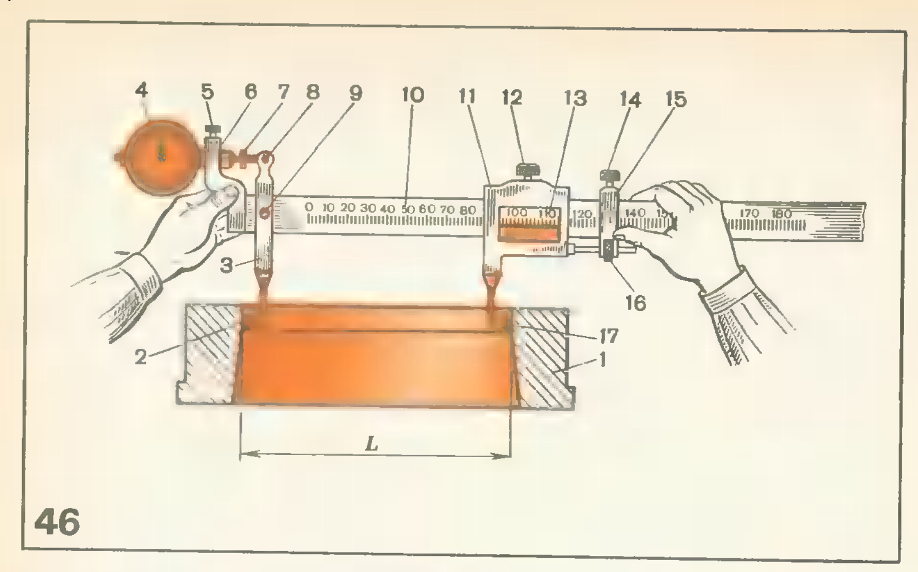




**Рис. 44.** Способ измерения профиля матрицы штампа штангенциркулем с индикаторным устройством

**Рис. 45.** Способы измерения расстояния *L* матрицы пресс-формы с помощью штангенинструмента с индикаторным устройством

Измерительная шкала на рамке *4* такая же, как у обычного штангенциркуля, с нониусом *5*. Настройку штангенциркуля на заданный размер производят по микрометру с помощью микрометрического винта *9* и хомутика *7*, закрепленного винтом *8*. Для настройки штангенциркуля раздвигают губки *2* и *15*, передвигая рамку *4* по штанге *3* на заданный размер *L*; закрепив рамку *4* винтом 6, проверяют этот размер по микрометру; при этом стрелка *10* индикатора *11* должна показывать нуль. Настроенным таким образом штангенциркулем начинают проверять детали, обращая внимание на показания индикатора. Если стрелка индикатора остается на нуле, размер выдержан точно. В случае отклонения стрелки индикатора от нуля размер детали будет отличаться на величину показания индикатора.



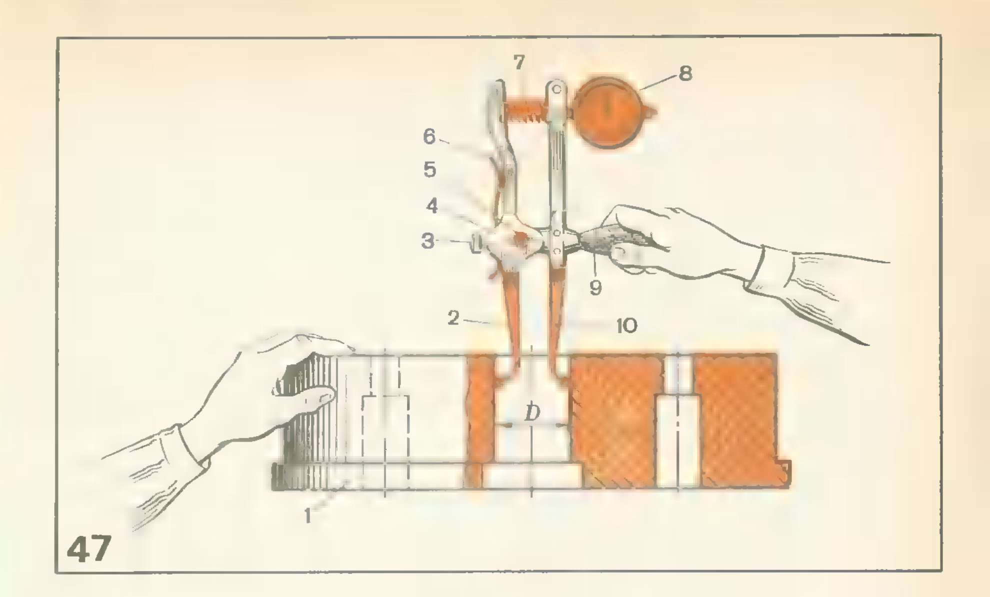




**Рис. 46.**
**Способ измерения внутреннего профиля матрицы штампа штангенинструментом и индикаторным устройством**

**Рис. 47.**
**Способы контроля отверстий в матрице пресс-формы индикаторным прибором с одной плавающей ножкой**

На рис. 46 показан другой способ измерения боковых поверхностей внутреннего контура матрицы вырубного штампа штангенциркулем с индикаторным и поворотным устройствами другой конструкции. Данным штангенциркулем можно измерять отверстия с точностью ±0,01 мм и линейные размеры в пределах 10—500 мм; можно изготовить штангенциркули для измерения размеров до 1500 мм, но для этого необходимы линейки (штанги) соответствующей длины. Точность измерения деталей больших размеров несколько ниже (примерно ±0,03 мм).

В описываемом штангенциркуле губка *3* может поворачиваться на осях *8* и *9*; она соединена с мерным штифтом индикатора *4*. Индикатор устанавливают в отверстии стойки *6*, закрепленной на линейке *10*, и фиксируют винтом *5*. Мерный штифт индикатора соединен с резьбовым наконечником *7*, который другим концом вставлен в вилку поворотной губки *3* с наконечником *2*. В губку *3* и рамку *11* ввернуты измерительные сферические наконечники *2* и *17*.

Штангенциркуль такой конструкции работает по методу сравнения размера контролируемой детали с соответствующим эталоном.

Настройку штангенциркуля на нужный размер *L* выполняют следующим образом. Вначале пальцами левой руки захватывают линейку, а хомутик *15* — пальцами правой руки и закрепляют их винтом *14*,



затем наконечники *2* и *17* вставляют в полость матрицы *1* и, поворачивая большим пальцем правой руки гайку *16* микровинта, перемещают рамку *11* по линейке, устанавливая по нониусу *13* и шкале линейки *10* заданный размер *L*. Убедившись, что стрелка индикатора *4* установлена в нулевом положении, рамку *11* закрепляют винтом *12*. Если стрелка индикатора отклоняется от нуля, производят соответствующее регулирование до тех пор, пока стрелка не займет нулевое положение. На этом настройка заканчивается. При измерении деталей их фактический размер определяют по нониусу и шкале линейки с учетом показания индикатора.

На рис. 47 показан способ контроля цилиндрических отверстий в матрице *1* пресс-формы прибором с индикатором и сферическими наконечниками для измерения отверстий (канавок) диаметром $D = 10 \div 15$ мм.

Наличие в приборе пластинчатой пружины *6* с регулировочным винтом *3* и установочного наконечника на индикаторе *8* позволяет быстро установить стрелку в нулевое положение. Установив размер *D* по микрометру, и стрелку индикатора на нуль, правой рукой берут за рукоятку *9* прибора, а левой, сжимая рычаги *2* и *10*, вводят их в отверстие и проверяют внутренний диаметр. В процессе измерения спиральная пружина *7*, упираясь в торец рычага *2* и наконечник индикатора *8*, сообщает плавное перемещение стрелке, а пластинчатая пружина *6* придерживает рычаг *2* от перекоса.

Настройку прибора на другой размер производят в такой последовательности: вначале винтом *3* по микрометру устанавливают заданный размер, затем винтом *5* закрепляют передвижную рамку *4*. При этом установку на размер *D* и крепление индикатора *8* в отверстии рычага *10* с рамкой *4* рекомендуется производить одновременно.

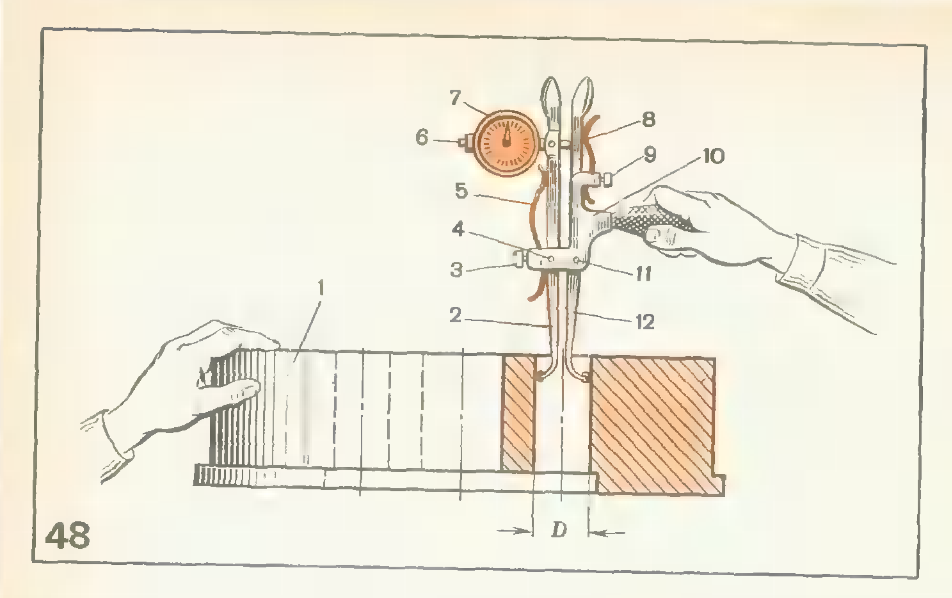
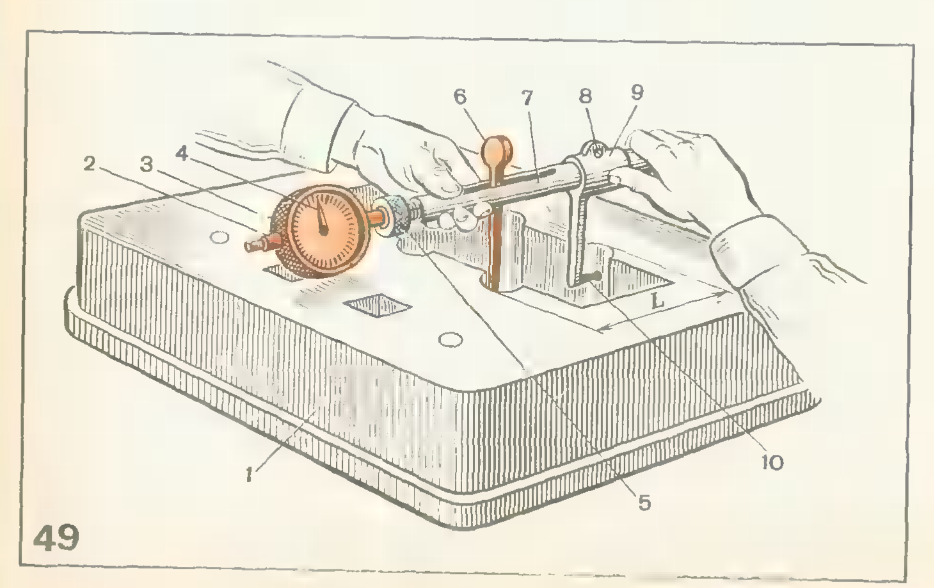



**Рис. 48.**

**Способ измерения отверстий матрицы индикаторным прибором с двумя плавающими ножками**

**Рис. 49.**

**Способ измерения расстояния $L$ между двумя внутренними цилиндрическими поверхностями матрицы с помощью индикаторного прибора**





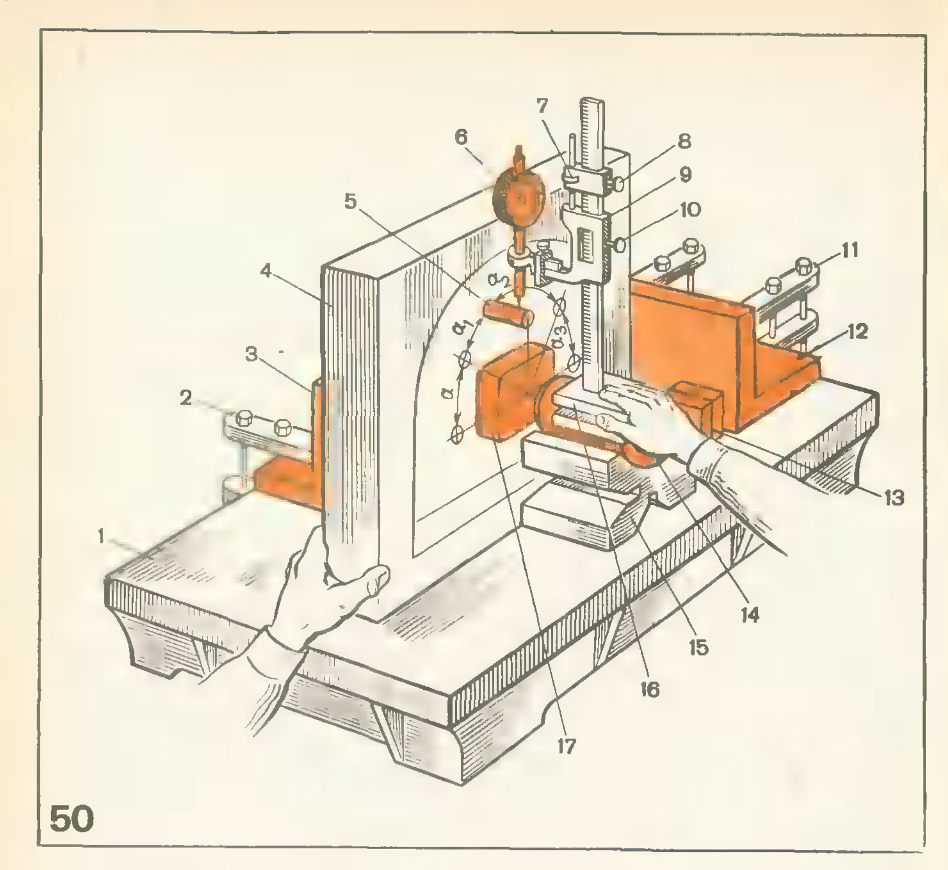

На рис. 48 показан другой способ измерения внутреннего диаметра $D$ в матрице *1* пресс-формы индикаторным прибором с двумя измерительными рычагами *2* и *12* с загнутыми вверх сферическими (коленчатыми) наконечниками. Подвижные рычаги *2* и *12* установлены на осях *4* и *11*, а пластинчатые пружины *5* и *8* прикреплены винтами *3* и *9* к рамке *10*.

Прежде чем приступить к измерению диаметра $D$ отверстия матрицы *1*, необходимо установить по микрометру или контрольному кольцу размер $D$, а стрелку индикатора *7* установить в нулевое положение и закрепить винтом. После этого правой рукой берут рукоятку *10* прибора, а пальцами левой руки сводят рычаги *2* и *12* друг с другом и расжимают пружины *5* и *8*, затем вставляют наконечники рычагов в отверстие матрицы и снимают с них пальцы левой руки; в это время пружины *5* и *8*, сжимаясь, разводят рычаги, а наконечник *6* индикатора *7*, сжимаясь, показывает действительный размер или отклонение от действительного размера отверстия.

На рис. 49 показан способ измерения расстояния $L$ между двумя внутренними цилиндрическими поверхностями матрицы *1* пресс-формы с помощью индикаторного прибора. В процессе измерения пальцами левой руки захватывают трубку *7* (корпус) между рычагом *6* и гайкой *5* индикатора *3*, а пальцами правой руки захватывают конец трубки и стойку *9*. Затем большим пальцем правой руки слегка перемещают стойку *9* в такое положение, чтобы сферический наконечник рычага *6* и наконечник *10* стойки *9* вошли в измеряемые вогнутые поверхности матрицы. После этого, покачивая прибор и найдя его правильное положение, фиксируют размер $L$, при этом стрелку *4* индикатора *3* устанавливают в нулевое положение и закрепляют вначале стойку *9* винтом *8*, а затем трубку *2* гайкой *5*. После этого, перемещая прибор руками вверх и вниз, проверяют параллельность измеряемых поверхностей по показанию индикатора.

Измерение расположения обработанных отверстий матрицы и вставки с центрами на окружности радиуса $R$ при слесарной обработке показано на рис. 50. В процессе измерения на плиту *1* кладут угольники *3*, *12* и закрепляют их струбцинами *2* и *11*, а затем к угольникам устанавливают матрицу *4*. К угольнику *12* и на плиту укладывают блок плиток концевых мер *13* и призму *15*. Убедившись, что ось симметрии призмы *15* проходит через центр штифта *5* матрицы *4*, на призму кладут цилиндрический валик *14* таким образом, чтобы его центр совпал с центром окружности радиуса $R$. Затем правой рукой берут основание *16* штангенрейсмуса с индикатором *6* и устанавливают их на валик *14*. С помощью микрометрического винта *7* перемещают по штанге рамку *9*, когда стрелка индикатора *6* будет находиться в нулевом положении, хомутик и рамку закрепляют винтами *8* и *10*. После проверки расположения одного из отверстий, проверяют следующие, для чего необходимо повернуть правой рукой (не меняя установки призмы) штангенрейсмус влево на угол $\alpha_1$, а левой рукой придерживая матрицу, измерить расположение другого отверстия.

Измерение расположения остальных отверстий производят таким же способом.



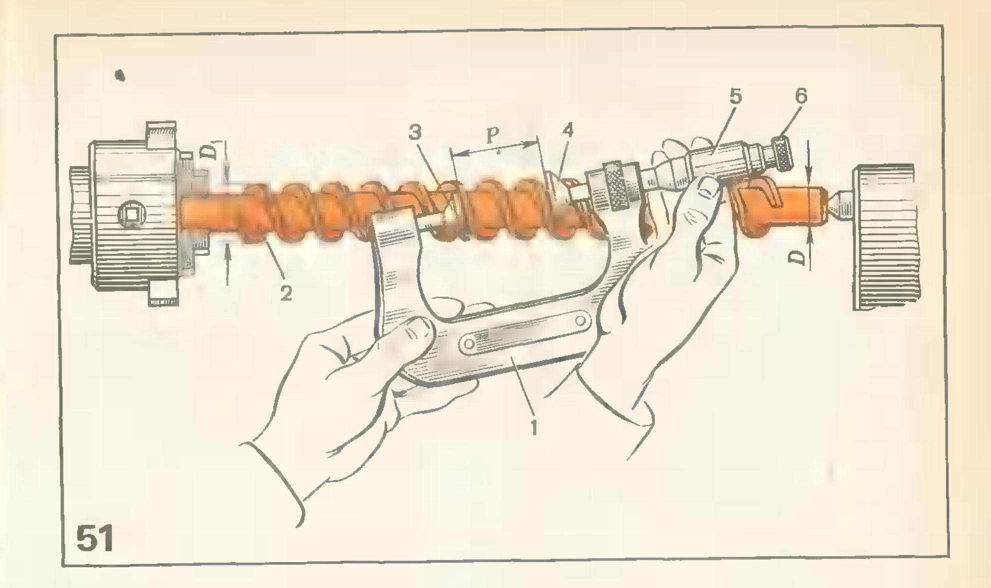
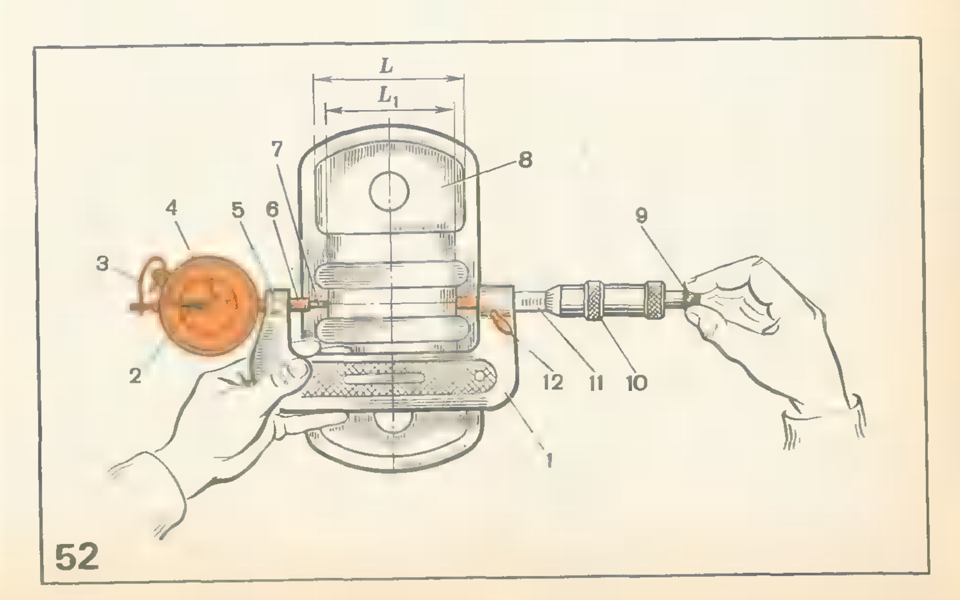




**Рис. 50.** Способ измерения располо-[redacted] отверстий матрицы и [redacted]

**Рис. 51.** Приемы измерения шага трехзаходной трапецеидальной резьбы [redacted] микрометром [redacted] тарельчатыми губками

**Рис. 52.** Приемы измерения наружно-[redacted] профиля [redacted] матрицы микрометром [redacted] индикаторным устройством




При работе токарю-расточнику приходится измерять ходовые винты. На рис. 51 показан способ контроля шага трехзаходной трапецеидальной резьбы микрометром.

Пальцами левой руки берут скобу *1* микрометра [redacted] устанавливают заднюю губку *3* во впадину резьбы валика *2*, [redacted] губку *4* подводят [redacted] третьему витку и, слегка поворачивая пальцами правой руки барабан *5* и трещотку *6*, проверяют размер шага *P* с учетом толщины зуба.

На рис. 52 показан способ контроля линейных размеров профиля вставки матрицы пресс-формы *8* микрометром с индикаторным устройством. Перед тем как приступить [redacted] измерению размера $L_1$, необходимо [redacted] первую очередь вставить в отверстие пятки скобы *1* втулку *6* индикатора *4*, настроить микрометр на измеряемый диапазон по блоку концевых мер [redacted] закрепить ее винтом *5*. После этого пальцами левой руки захватывают скобу *1* микрометра, [redacted] его измерительный стержень *7* прижимают к поверхности измеряемой детали. Затем пальцами правой руки захватывают трещетку *9* микрометра и, вращая барабан *10*, определяют по нониусу и по шкале *11* стебля микрометра фактический размер $L_1$. Рукояткой *12* закрепляют микровинт [redacted] проверяют остальные размеры. После этого правой рукой, вращая на себя барабан *10* с микро-

винтом (в это время пластинчатая пружина *3*, сжимаясь, давит на стержень *7* и отводит стрелку *2* индикатора *4* из нулевого положения шкалы), устанавливают микрометр на размер *L* и проверяют его фактическое значение.

На рис. 53 показан способ измерения диаметра отверстия матрицы *2* вырубного штампа универсальным индикаторным прибором. В процессе измерения пальцами правой руки захватывают скобу *1* прибора, а указательным пальцем левой руки слегка нажимают (снизу) пластинчатую пружину *5* и сводят губки *6* и *7*; затем губки *6* и *7* вводят в измеряемое отверстие матрицы и пальцем левой руки (сверху), слегка нажимая пружину *5*, устанавливают стрелку индикатора *4* в нулевое положение. Убедившись, что стрелка индикатора показывает заданный размер, винтом *3* зажимают валик губки *6* и проверяют весь внутренний контур матрицы.

Для измерения сложных сопряженных контуров деталей, кулачков с архимедовым, а также эвольвентным профилями применяют специальное приспособление (рис. 54). Приспособление состоит из пустотелого стального корпуса *1*, на боковой стороне которого закреплена винтами державка *2* рукоятки *3*. В центре корпуса имеется сквозное отверстие, в котором запрессованы роликовые подшипники. На этих подшипниках установлен валик *13* и закреплен с двух сторон резьбовыми кольцами. На валике имеются шпонка *10*, установочное кольцо *11* и зажимная гайка *12*. С задней части корпуса на валике установлен лимб *5* и нониус *4*. Сверху корпуса *1* установлена и закреплена винтами и штифтами цилиндрическая стойка *8*, по которой в процессе измерения перемещается закрепляемая винтом *6* поворотная державка *7* индикатора *9*. При измерении деталь надевают на валик *13* и шпонку *10*, прижимают кольцом *11* и закрепляют гайкой *12*.

На рис. 55 изображено индикаторное устройство с гибким валом на магнитном основании, разработанное и внедренное на ГПЗ-1. Внедрение данного индикаторного устройства обеспечивает точность измерения деталей в процессе их обработки, а также создает удобство в работе. При измерении основание *1* устанавливают на стол станка и рукояткой *2* включают магнит *13*. После этого рукояткой *3* зажимают стакан *11* в квадратной гайке *12*. Затем от руки сгибают звенья *10*, *9* и *8* стойки *6* и закрепляют державку индикатора *4* винтом *7*. Индикатор поворачивают и подводят к обрабатываемой детали в такое положение, чтобы стержень индикатора *4* находился перпендикулярно плоскости измеряемой детали. Затем винтом *5* устанавливают в нулевое положение стрелку индикатора *4* и производят измерения в труднодоступных местах деталей.

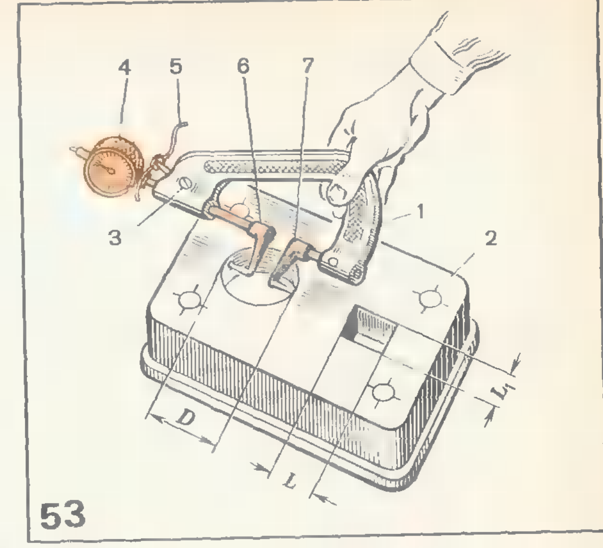
В инструментальном производстве фрезеровщикам часто приходится пользоваться вспомогательным контрольно-измерительным инструментом, приспособлениями и контрольными плитами. На рис. 56 показана специальная контрольная чугунная плита *6*. Основание *1* плиты — пустотелое, на конусообразной стойке которой установлена круглая металлическая полочка *16*, закрепленная с трех сторон кронштейнами *17*. Верхняя часть полочки покрыта войлоком *2*. На полочке *16* установлен шкаф *15* для хранения измерительного инструмента, а при

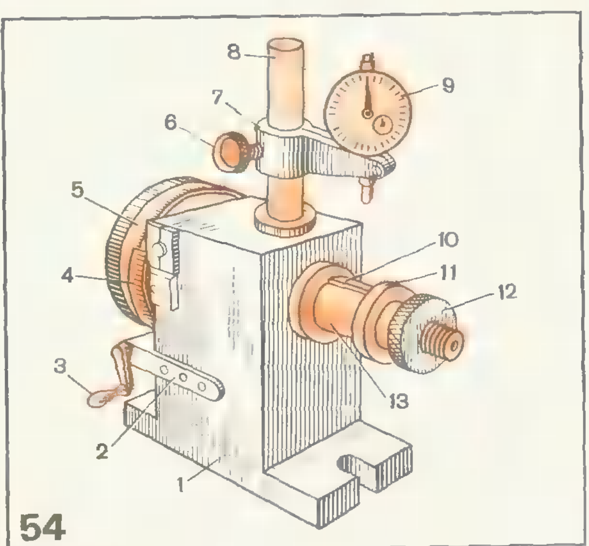


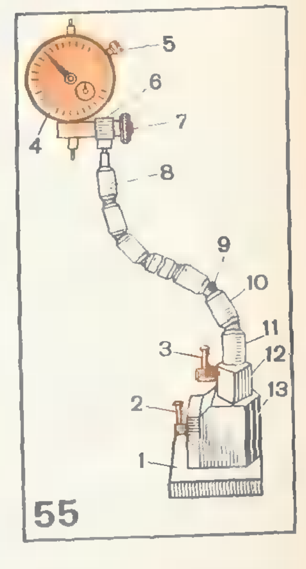
**Рис. 53.** Способ измерения диаметра отверстия матрицы универсальным индикаторным прибором

**Рис. 54.** Приспособление для измерения наружных диаметров деталей и кулачков

**Рис. 55.** Индикаторное устройство с гибкой стойкой




необходимости различные контрольные приспособления и инструмент. Для удобства установки и точности контроля деталей плита *6* обработана со всех сторон под углами 90°, а на боковых ее поверхностях просверлены несколько отверстий и нарезана резьба М8. В процессе измерения обрабатываемых деталей к боковым плоскостям плиты *6* прикладывают двухтавровые угольники *14* или установочные угольники *5* с прижимом *3*, закрепляемые винтами *4*. Для удобства на плите *6* должны постоянно находиться инструменты и приспособления первой необходимости, как, например, установочный кубик *7* и цилиндр

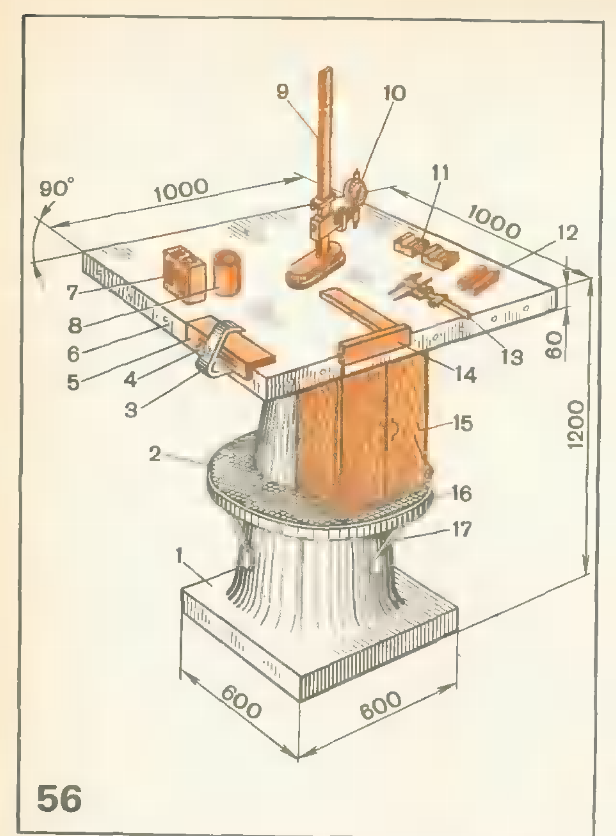



**Рис. 56.**
**Контрольная плита**

**Рис. 57.**
**Контрольная плита [illegible] рамоч-[illegible] уровнем:**
[illegible] уровень, *б* [illegible] контрольная линейка; *в* — трехгранная контроль-[illegible] линейка; *г* [illegible] лекальная линейка; *д* [illegible] лекальная линейка типа ласточкин хвост, *е* — четырехгранная контрольная линейка

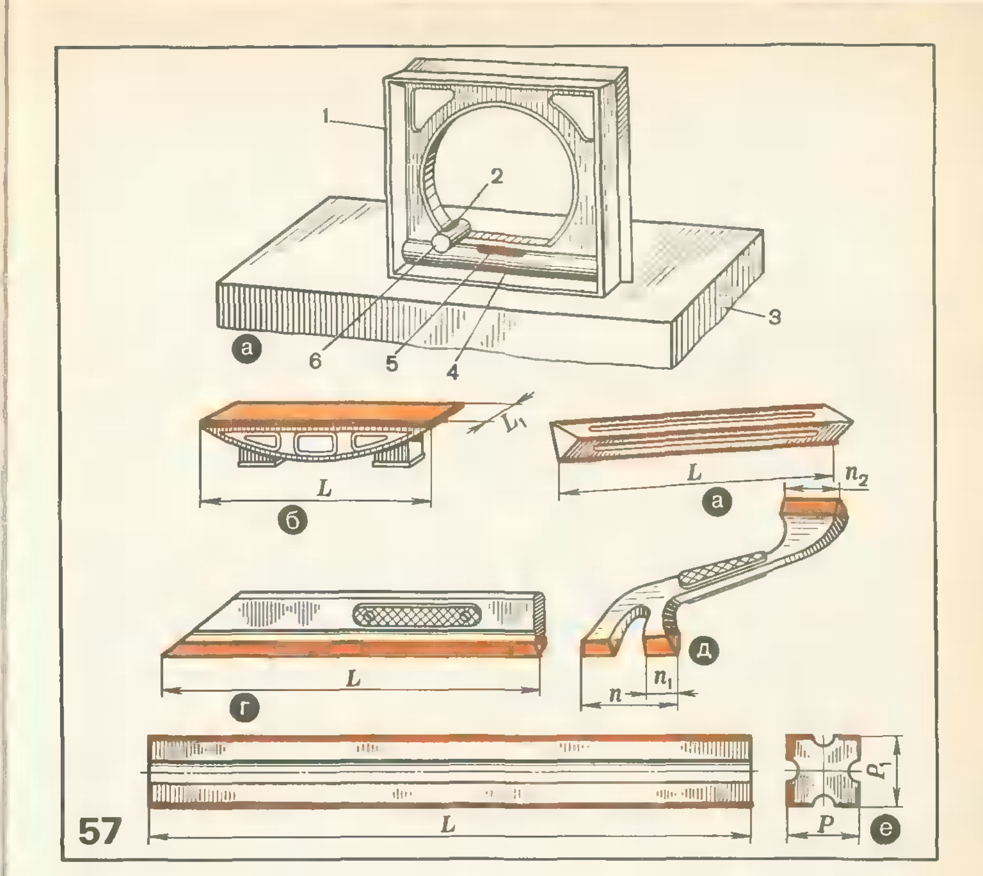
8, штангенрейсмус *9* с индикатором *10*, комплект контрольных призм *11*, комплект параллелей *12* и штангенциркуль *13*.

Изображенный на рис. 57, *а* рамочный уровень применяют для определения отклонения от горизонтального или вертикального положения при установке плоскостей обрабатываемых деталей коробчатой формы на столах фрезерных или координатно-расточных станков [illegible] контрольных плитах *3*.

Основными частями уровня является квадратный корпус *1* [illegible] установленные [illegible] него ампулы *4* и *6*. Ампулы заполнены незамерзающей жидкостью (эфиром или спиртом), [illegible] которой имеются небольшие пузырьки *2* и *5* воздуха. При горизонтальном положении уровня пузырек *5* воздуха должен быть расположен точно посередине ампулы *4*, против нулевого штриха, нанесенного на корпусе или на ампуле. При самом незначительном отклонении уровня от горизонтального положения пузырек отходит от нулевого положения. О величине отклонения судят по шкале, нанесенной [illegible] корпусе или ампуле.

Наружные поверхности квадратного корпуса расположены точно под углом 90° и имеют призматическую форму, позволяющую базировать уровень на цилиндрические поверхности контролируемой детали.






Показанная на рис. 57, *б* контрольная плита предназначена для проверки плоскостности обработанных поверхностей по краске, а на рис. 57, *в, г, д, е* показаны разновидности лекальных линеек: трехгранные, фасонные [illegible] четырехгранные с доведенными рабочими поверхностями. На боковых сторонах линеек с обеих сторон сделаны полукруглые желоба или накладные пластмассовые пластинки для удобства их захвата руками. При проверке поверхности детали линейку нужно наклонить на 35—45°, чтобы лучше видеть просвет между измерительным ребром линейки и деталью. Лекальные линейки требуют очень аккуратного обращения, так как ее измерительное ребро очень тонкое [illegible] весьма чувствительно ко всем ударам.

Ни одно измерение не может быть проведено абсолютно точно. Между измеренным значением величины и ее действительным значением существует всегда некоторая разница, которая называется ***погрешностью измерения***. Чем меньше погрешности измерения, тем, естественно, выше точность измерения.

Точность измерения характеризует ту ошибку, которая неизбежна при работе самым точным измерительным инструментом или прибо-

ром определенного вида. Точность измерения может быть достигнута при выполнении определенных правил.

Следует напомнить, что основными причинами, понижающими точность измерения, могут быть:

1) неудовлетворительное состояние штангенинструментов и индикаторных приборов — повреждение граней и ножках штангенциркуля, острия в чертилке штангенрейсмуса, сферического наконечника валика индикатора и т. д.;

2) загрязненность и нагрев инструмента;

3) неточность установки инструмента относительно инструмента при измерении детали;

4) колебания температур, при которых производят измерение (нормальная температура, при которой следует производить измерения, должна быть 20°С);

5) незнание устройства измерительного инструмента или неумение пользоваться им, неправильный выбор инструмента.

Повышения точности измерения можно достигнуть повторным измерением с последующим определением среднего арифметического, полученного в результате нескольких измерений.

### § 6. Зажимной инструмент и установочно-крепежные приспособления

При работе на фрезерных станках высокие требования предъявляются к зажимному инструменту и к резьбовым соединениям, что определяет их долговечность и безопасность работы.

Отвертки применяют для закрепления и отвинчивания винтов, имеющих прорезь (шлиц). Их изготовляют цельнометаллическими с деревянными щечками или с пластмассовыми ручками. Отвертка состоит из трех частей: рабочей части (лопатки), стержня и ручки. Выбирают отвертку по ширине рабочей части, которая зависит от размера шлица в головке винта или шурупа. Основное требование, предъявляемое к отверткам, заключается в том, что лезвия (лопатка) отвертки должны иметь параллельные грани, чтобы оно свободно входило на всю глубину шлица винта с небольшим зазором.

Лезвие отвертки изготовляют из сталей У7, У8, термически обрабатывают и отпускают, чтобы оно было достаточно твердым, но не хрупким.

Гаечные ключи являются необходимым инструментом для фрезерных работ при закреплении болтами и гайками приспособлений или заготовок на столе станка. Головки ключей стандартизованы и имеют определенный размер, который указан на рукоятке ключа. Размеры зева (захвата) делают с таким расчетом, чтобы зазор между гранями гайки или головки болта и гранями зева был в пределах 0,1—0,3 мм. При большем зазоре ключ может сорваться с гайки или головки болта и травмировать руки рабочего.

Гаечные ключи бывают простые (одноразмерные), универсальные (раздвижные) и специального назначения.

Простыми ключами можно завинчивать гайки одного размера и одной формы, создавая при этом одно усилие, например, при завинчивании гайки с резьбой М8 (рис. 58). Если правая рука захватывает рукоятку гаечного ключа *4* на расстоянии 250 мм от зева *1* ключа и нажимает на нее примерно с усилием 1—2 кгс, то сила зажима гайки *2* и болта *3* будет равна примерно 400—750 кгс. Поэтому, чем больше диаметр резьбы и длиннее рукоятка ключа, тем больше сила зажима.



На рис. 59 показано крепление ключом *2* приспособления *5* к столу *1* станка с помощью болта *4* и гайки *3*. После захвата гаечным ключом гайки с резьбой М12 пальцами правой руки берут рукоятку ключа на расстоянии примерно 200 мм от головки. При нажатии на рукоятку с усилием 5 кгс получают силу зажима примерно 650—700 кгс, что обеспечивает надежное крепление.

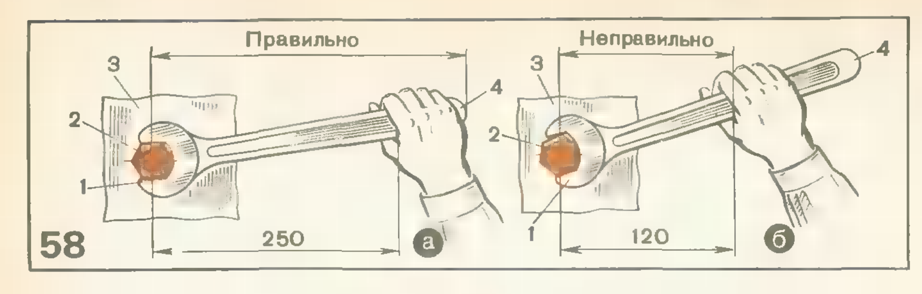
На рис. 60 показаны установка по угольнику *14* и способ завертывания болта *3*, крепящего упорную планку *15* матрицы *1* вырубного штампа, специальным универсальным ключом. Ключ состоит из четырех металлических сваренных деталей. Головка *2* ключа соединена с трубой *11*, которая, в свою очередь, соединена с пустотелой обоймой *5* и рукояткой *8*. Головка *2* имеет эллипсообразную форму с резьбовыми отверстиями *4* для крепления крышки. Внутренняя часть головки имеет окно (зев) четырехгранной формы, в котором установлен прижим *13* с угловой прорезью для захвата болтов или гаек различных размеров. Прижим соединен с ползуном *12*, а ползун, в свою очередь, шарнирно соединен осями *10* и *6* с рычагом *7*. Между рычагом и рукояткой *8* закреплена винтами пластинчатая пружина *9*.

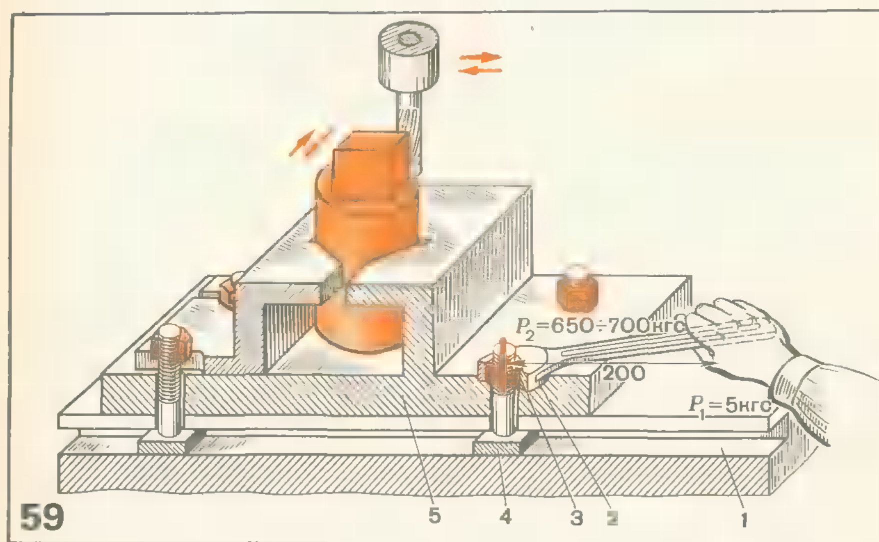
Ниже рассмотрены различные приспособления, разработанные новаторами производства и рекомендуемые для практического пользования. Применение этих приспособлений на фрезерных станках позволит значительно повысить производительность и добиться высокой точности обработки сложных профилей деталей инструментального производства.

На рис. 61 показаны тиски, отличающиеся от обычных машинных тисков точностью. В основании тисков *1* с двух сторон имеются продольные пазы, предназначенные для крепления прижимами на столе фрезерного станка. Боковые стороны и основание тисков прошлифованы с высокой точностью. Это дает возможность обрабатывать различные поверхности деталей в тисках за одну установку.

При изготовлении тисков такого типа необходимо обратить особое внимание на плавное перемещение губки *2* по направляющим с помощью винта *3*. При зажатии детали губки *4*, *5* не должны иметь перекоса. При фрезеровании поверхностей квадратных заготовок тиски *1* устанавливают на стол фрезерного станка до упорной планки, вставленной в пазу стола, и фрезеруют вначале две параллельные поверхности, затем тиски поворачивают и устанавливают их торцовой плоскостью по упорной планке, закрепляют болтами на столе станка и фрезеруют две оставшиеся параллельные поверхности.

На рис. 62 показан универсальный синусный столик, используемый при фрезеровании и контроле наклонных поверхностей деталей. Металлический угольник *1* шарнирно соединен осью *2* с синусным столиком *3*. В нижней части столика закреплена винтами упорная планка *4* под углом 90°, на боковых сторонах столика имеются пазы *5* для крепления



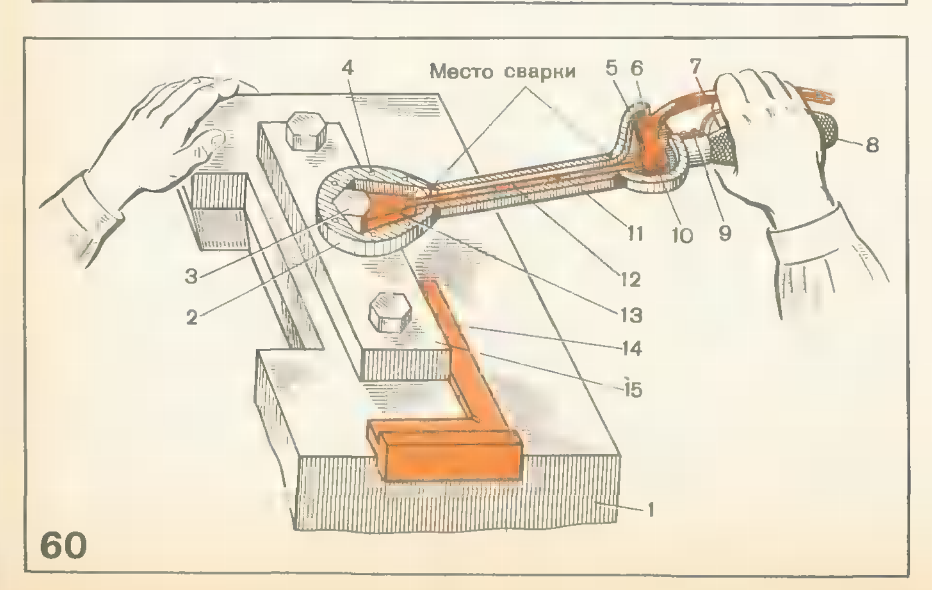




**Рис. 58.**
**Схема [redacted] при завинчивании [redacted] гаечным [redacted]**

[redacted] — правильный способ захвата рукой ключа; [redacted] — неправильный способ [redacted] рукой ключа

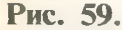
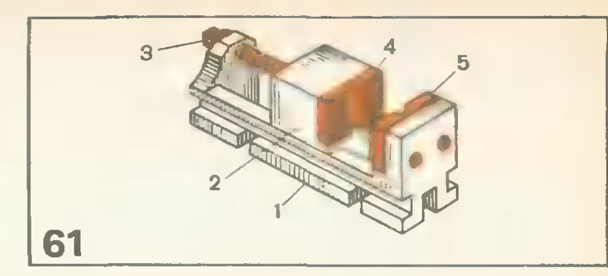


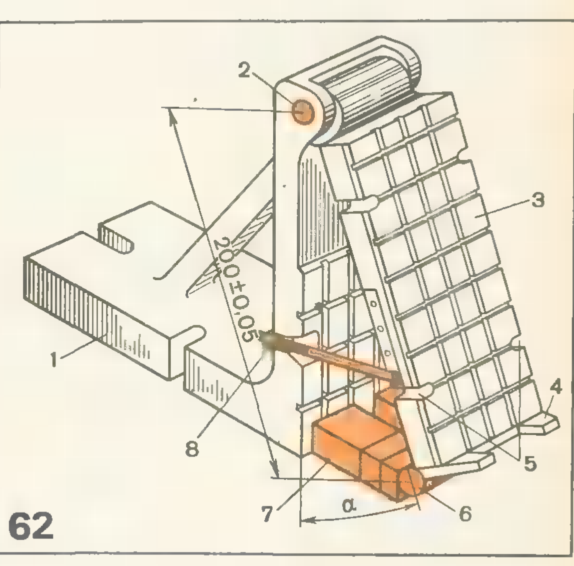
**Рис. 59.**
**Прием крепления [redacted] пуансона в универсальном приспособлении [redacted]**

**Рис. 60.**
**Способ крепления болта универсальным [redacted] ключом**

**Рис. 61.**
**Параллельные машинные тиски**

**Рис. 62.**
**Универсальный синусный [redacted]**




обрабатываемых деталей. При обработке наклонных поверхностей на фрезерном станке в первую очередь необходимо для заданного угла α рассчитать длину плиток концевых мер *7*, после чего последние укладывают между роликом *6* синусного столика *3* и вертикальной плоскостью угольника *1*, а затем закрепляют столик *3* болтами *8*.

[redacted] настоящее время внедрено в производство несколько видов специальных угольников и угловых призм, которые входят в состав универсальных блоков, используемых для установки на них деталей при фрезеровании наклонных поверхностей (планок, призм и др.).

На рис. 63, *а* показан установочно-крепежный угольник *2* (типа УСП) с призматическим пазом 60° на передней его плоскости и пазом [redacted] нижней части основания. Планку одновременно устанавливают [redacted] пазы стола *1* станка [redacted] основания. При сборке между угольником и призмой *6* устанавливают контрольный фиксирующий валик *5* и закрепляют болтами *3* и *7*. Убедившись, что плоскости угольника [redacted] призмы собраны точно по высоте *h* и параллельны друг другу, их закрепляют болтами *3* и *7*.

При изготовлении призм необходимо строго выполнять [redacted] технологические операции их обработки. В первую очередь [redacted] призмах

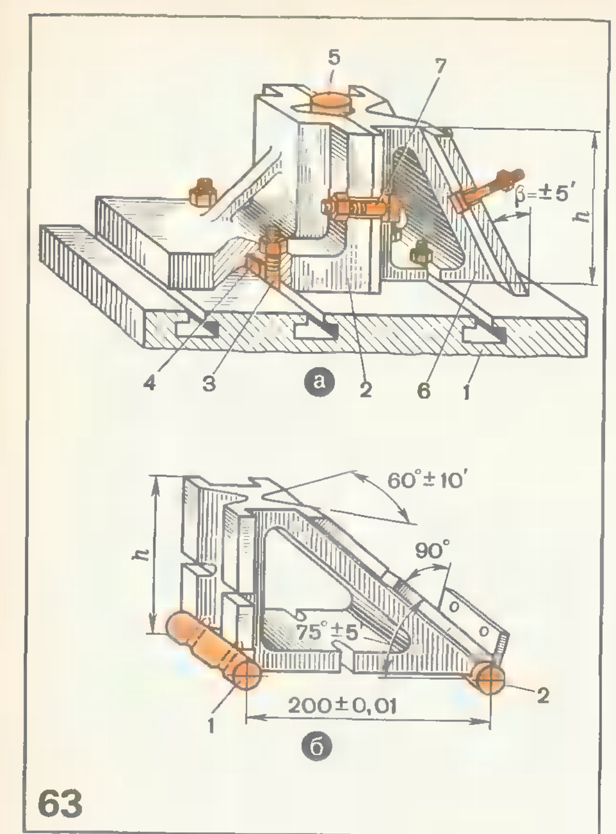



**Рис.. 63.**
**Универсальный блок угло-[illegible] призм:**
[illegible] угольник; *б* [illegible] синусная угло-[illegible] призма

**Рис. 64.**
**Установка концевой фрезы по специальному угольнику при фрезеровании шпоночной канавки**

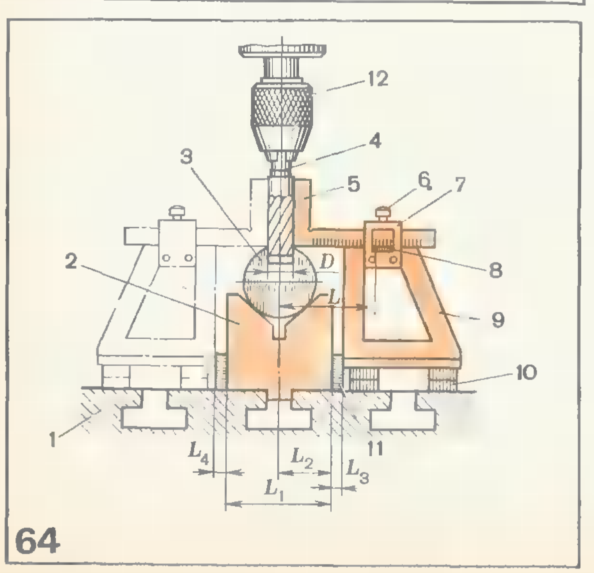
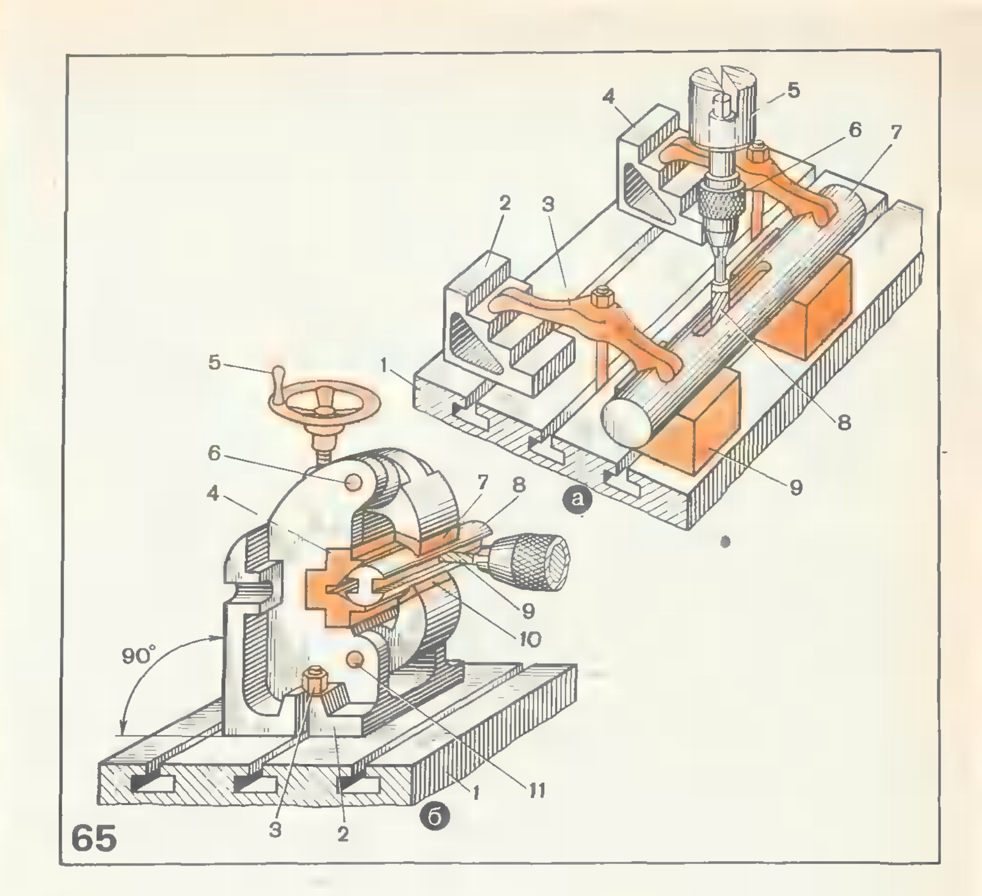



**Рис. 65.**
**Способы крепления детали при фрезеровании шпоночных пазов:**
*а* [illegible] помощью призм [illegible] прижимов; [illegible] в самоцентрирующих тисках



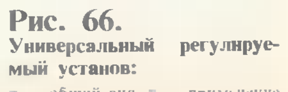
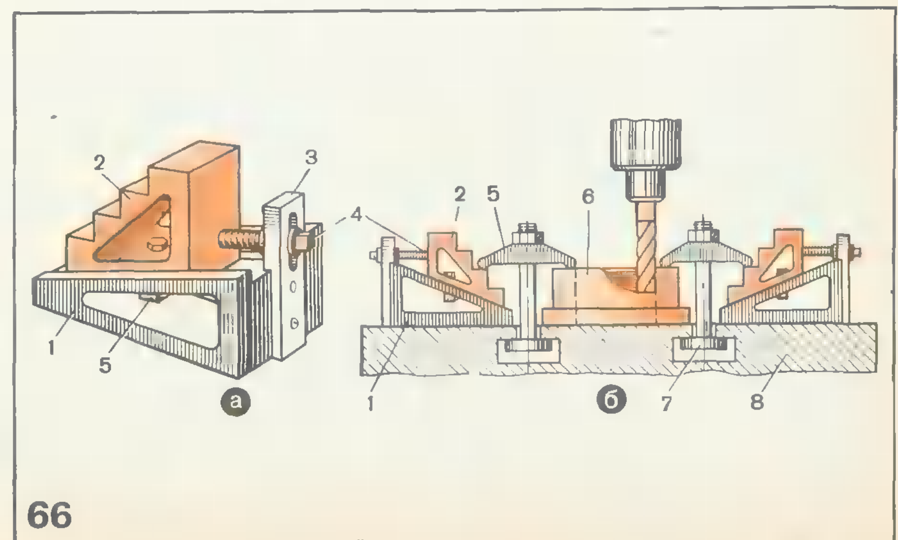



**Рис. 66.**
**Универсальный регулируемый установ:**
[illegible] общий вид [illegible] применение установа при фрезеровании



шлифуют базовые поверхности и плоскости призматических пазов под углом 60° ±5′. После этого с одной установки шлифуют у призм опорные поверхности, выдерживая размеры $h$. Затем у каждой отдельности призмы шлифуют их наклонные поверхности под углом β с точностью ±2′. Значения угла β могут быть различными — 15°, 30°, 45°, 60°, 75° и т. д.

На рис. 63, *б* показана синусная угловая призма. Для возможности установки ее под различными углами нижней части призмы установлены ролики *1*, *2*.

В процессе фрезерования шпоночных канавок важно правильно установить фрезу по отношению детали. Один из приемов установки концевой фрезы представлен на рис. 64. После закрепления фрезы *4* проверки ее биения индикатором вал *3* подводят под фрезу *4* устанавливают ее предварительно по центру вала *3*, находящегося в специальной призме *2*, установленной на столе *1* фрезерного станка. Дальнейшую точную установку делают с помощью универсального угольника *5*. Вначале стойку *9* угольника устанавливают два блока плиток *10*. Затем патроне *12* закрепляют контрольный палец (на рис. 64 отсутствует), равный диаметру $D$ фрезы *4*, к его поверхности прикладывают переднюю часть угольника *5*, установленного по его шкале нониусу *8* рамки *7* на размер $L$ с учетом половины диаметра $D$ фрезы, размера $L_2$ и размера $L_3$ блока концевых мер *11*, уложенного между передней плоскостью стойки *9* и плоскостью призмы *2*. После этого угольник *5* закрепляют винтом *6* в рамке *7*, укладывают два блока плиток *10* прижимают их блоку концевых мер *11* Убедившись, что передняя плоскость угольника *5* точно прилегает поверхности пальца, его снимают устанавливают патрон *12* концевую фрезу *4*. Затем, проверив угольником ее установку, блоки концевых мер *10* и *11* со стойкой *9* и угольником *5* переносят вторую сторону и проверяют размеры $L_1$, $L_2$ и $D$ расположения оси фрезы и призмы *2* по отношению паза вала *3* и паза стола *1* фрезерного станка.

Для фрезерования шпоночных канавок используют концевые шпоночные фрезы из быстрорежущей стали Р9 диаметром, равным ширине шпоночной канавки. После каждой переточки перед установкой диаметр фрезы следует проверять микрометром, чтобы в процессе фрезерования ширина шпоночной канавки не получилась меньше заданного размера.

При работе шпоночными фрезами надо принимать внимание осевое биение фрезы, которое не должно превышать 0,05 мм. Повышение биения фрезы может вызвать при фрезеровании увеличение ширины паза.

Для закрепления валов используют разнообразные приспособления: поворотные тиски, призмы, ступенчатые установы и прижимы. На рис. 65, показано фрезерование шпоночной канавки на вертикально-фрезерном станке с использованием призм и прижимов. Вал *7* укладывают на призмы *9*, установленные на столе *1*. Затем на вал *7* и на одну из ступенек установа *2* *4* кладут прижимы *3* и закрепляют их болтами. После этого вручную опускают шпиндель *5* с патроном *6* и фрезой *8* на заданную глубину и фрезеруют шпоночную канавку.



На рис. 65, *б* показаны универсальные самоцентрирующие тиски для фрезерования пазов, лысок и шпоночных канавок цилиндрических заготовках на вертикальных и горизонтально-фрезерных станках. Установив тиски *2* на стол *1* станка закрепив их болтами *3*, с помощью маховика *5* раздвигают губки *7* и *10*, вращающиеся осях *6* и *11*. Затем в призму *4* кладут валик *8* и закрепляют его губками. После этого микрометром измеряют диаметр $D$ валика *8* подводят фрезу *9* валику с помощью вертикальной подачи стола *1*, устанавливая ее таким образом, чтобы она слегка коснулась зубьями верхней поверхности валика. Затем микрометром проверяют действительный диаметр фрезы $D_ф$. С помощью вертикальной подачи поднимают стол *1* с тисками *2* на величину $h = \frac{1}{2}(D + D_ф)$ и тем самым обеспечивают правильную установку фрезы.

Применение универсального регулируемого установа с плечиками (рис. 66) создает не только удобство в работе, но заменяет установочно-крепежные приспособления. Установ состоит из основания *1*, стойки *2*, планки *3*, винта *4* болта *5*. На рис. 66, *б* показан пример применения установа. Прежде чем приступить к обработке внутреннего контура матрицы *6*, следует установить матрицу на столе *8* станка и вставить его пазы болты *7*. После этого с двух сторон матрицы размещают установы и, вращая винт *4*, перемещают по пазу основания *1* стойку *2* в такое положение, чтобы полочки стойки были на уровне верхней поверхности матрицы *6*, затем на них устанавливают прижимы *5* и закрепляют болтами *7*.

Глава 2

# ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ НА КООРДИНАТНО-РАСТОЧНЫХ СТАНКАХ

## ■ 1. Оборудование ■ планировка координатно-расточного участка

На рис. 67 показана планировка координатно-расточного участка инструментального цеха завода мелкосерийного производства. Координатно-расточной станок (рис. 67, *а*) установлен около окна так, чтобы естественный свет, поступающий из окна, падал на обрабатываемую деталь *3*.

По чугунной станине *1* перемещается стол *2*, ■ за столом закреплена колонна со шпиндельной головкой. В колонне смонтированы электрическая система, коробка скоростей, механизм подачи, маховик *4* перемещения шпиндельной головки, указатель *5* частоты вращения шпинделя, амперметр *6*, тахометр *7*, указатель *8* величины подачи шпинделя, маховик *9* регулирования подачи шпинделя, рукоятка *10* отключения ■ реверса подачи шпинделя, рукоятка *11* подъема и опускания гильзы, рукоятка *12* закрепления шпиндельной головки, электролампа *13*.

В шпинделе *14* установлен ■ закреплен конус расточной головки *15* с регулируемой подачей резца. На передней части станины *1* имеется коробка *26*, в которой вмонтированы органы управления станка: лимб *16* регулирования скорости движения стола, грибок микрометра *17* продольного перемещения, лимб *18* регулирования ручного перемещения стола, рукоятка *19* закрепления салазок, грибок *20* установки ■ нулевое положение стола при продольном перемещении, рукоятка *21* закрепления стола, грибок *22* установки в нулевое положение стола при поперечном перемещении его, грибок *23*, маховичок *24* ручного перемещения салазок, регулятор *25* скорости движения салазок.

Для достижения высокой производительности труда и повышения качества обработки токарю-расточнику необходимо иметь на рабочем месте необходимый измерительный инструмент, который должен храниться в специальной тумбочке (рис. 67, *б*). На тумбочке должно быть приспособление для подвешивания рабочих чертежей. Для удобства контроля размеров деталей вне станка на участке необходимо иметь контрольную плиту (рис. 67, *в*), ■ для перевозки деталей или заготовок должна быть подъемно-транспортная гидравлическая тележка (рис. 67, *г*), а также стол (рис. 67, *д*) для укладки готовых деталей.



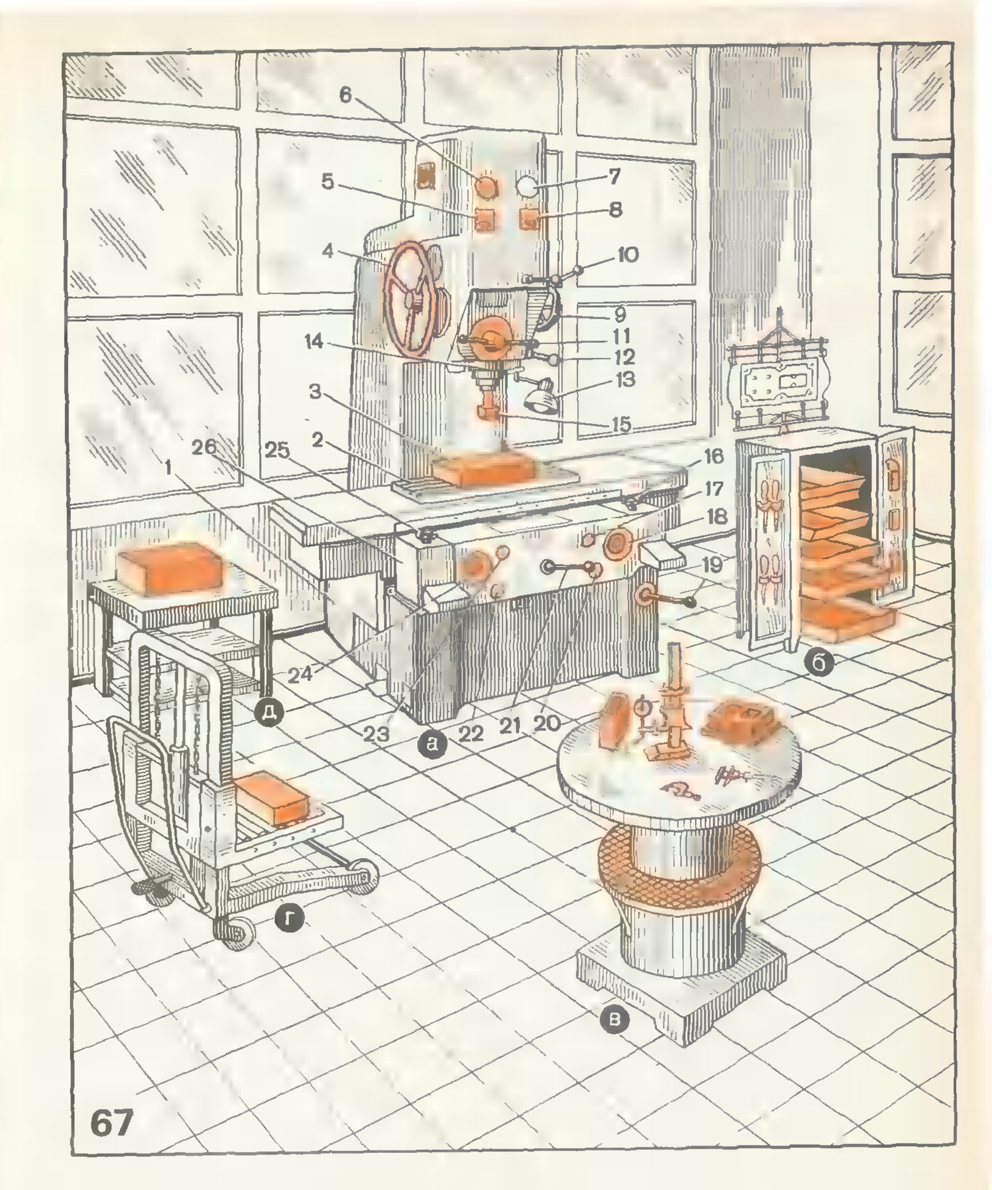



**Рис. 67.**
**Интерьер координатно-расточного участка:**
■ координатно-расточной станок; ■ — вспомогательный стол с транспортной тележкой; ■ — контрольная плита; ■ — шкаф для хранения инструмента

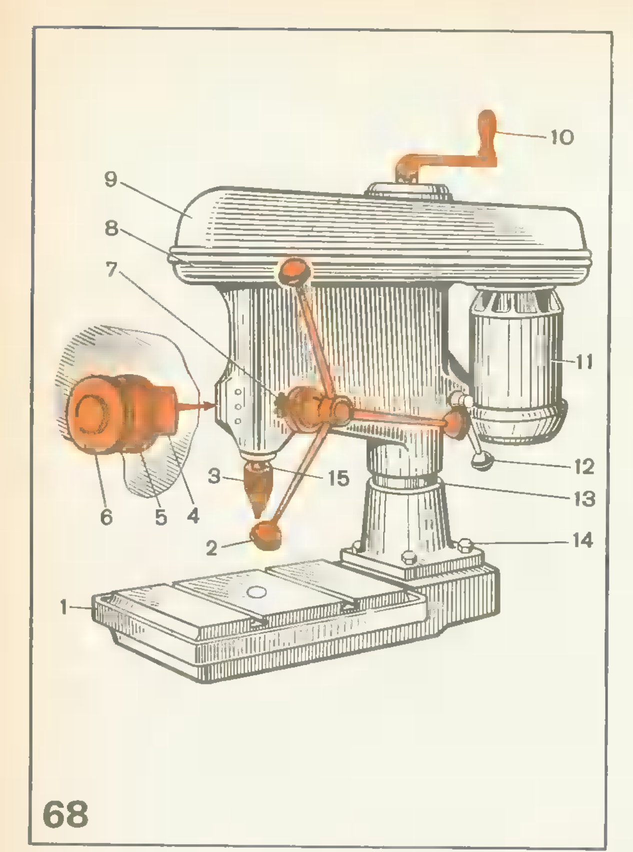



**Рис. 68.** **Настольный сверлильный станок**

Особое внимание при координатно-расточных работах уделяется качеству изготовления точных отверстий в деталях штампов и пресс-форм, которое во многом зависит от точности их обработки, а также качества выполнения вспомогательных работ, снятие заусенцев, фасок и сверления отверстий после координатной разметки. Как правило, такие работы выполняют токари-расточники на сверлильных малогабаритных настольных станках с нониусным устройством и поворотным столом.

На рис. 68 показан настольный сверлильный станок для сверления отверстий диаметром 0,5—5 мм. Вследствие небольших размеров и массы станка, его при необходимости можно переносить.

Сверлильный станок состоит из стола *1*, колонны *13*, закрепленной четырьмя болтами *14* точно под углом 90° по отношению к рабочей поверхности стола. Хобот *8* по колонне *13* перемещается с помощью рукоятки *10*. На хоботе смонтирован электромотор *11* ($N = 0{,}25$ кВт; $n = 2500$ об/мин). Во внутренней части хобота *8* на валу электромотора *11* закреплен четырехступенчатый шкив, который соединен ремнями со шкивом шпинделя *15*. Частота вращения шпинделя *15* изменяется в зависимости от установки клиновых ремней на шкивах, закрытых кожухом *9* хобота *8*.



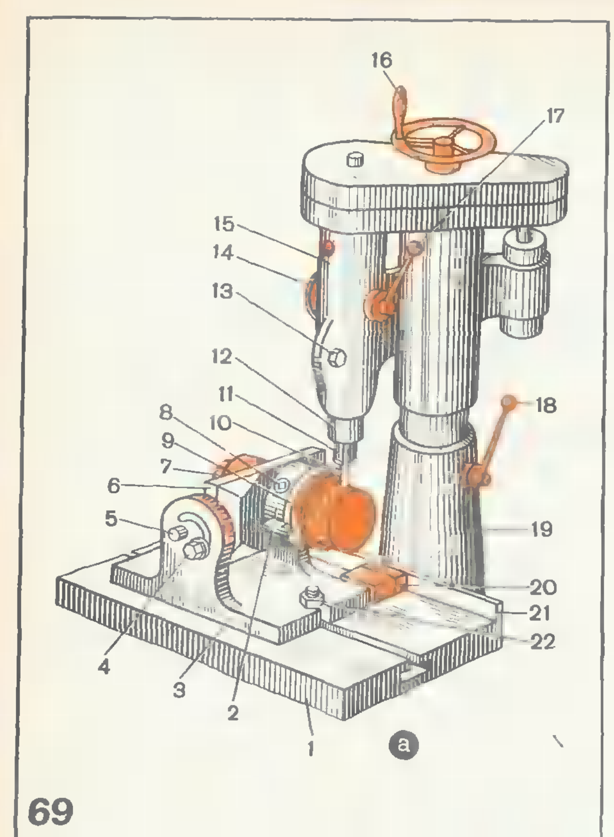
На конический хвостовик шпинделя *15* надевается трехкулачковый сверлильный патрон *3*. Подача шпинделя осуществляется поворотом рукоятки *2*. Хомутик *7*, закрепленный на валике рукоятки *2*, ограничивает глубину сверления отверстия. Более точную подачу сверла при сверлении отверстий в деталях осуществляют по шкале *5* лимба *6* и нониусу *4*, которые расположены с обратной стороны хобота. Подъем и опускание хобота *8* в процессе сверления фиксируют рукояткой *12*.

Для сверления точных отверстий малых диаметров, расположенных под углом, применяют малогабаритный настольный сверлильный станок с поворотным столиком (рис. 69, *а*). Перед тем как приступить к сверлению отверстий, следует положить на стол *1* станка две параллельные пластинки *20* и прижать их к упорной планке *21*, затем на стол устанавливают основание *3* поворотного столика *6* и прижимают к пластинкам *20*, после чего закрепляют его болтами *22*.

В трехкулачковый патрон *2* устанавливают деталь *9* и закрепляют ее зубчатым валиком *8*. После этого поворачивают на осях *5* патрон *2* на 90° и закрепляют его болтами *4* с двух сторон в таком положении, чтобы цилиндрическая поверхность детали *9* была строго параллельна плоскости стола *1*. Затем в шпиндель *12* вертикальной головки *15* устанавливают цангу *11* со сверлом *10* и, вращая от руки маховичок *16*, опускают вниз по колонне *19* головку *15*. Как только сверло *10* коснется поверхности заготовки *9*, головку *15* закрепляют рукояткой *18*. Убедившись, что поворотный столик с деталью, сверлом и цангой установлены точно на станке и надежно закреплены, включают станок. Пальцами правой руки захватывают рукоятку *17* и, слегка поворачивая ее на себя, опускают сверло *10* на заданную глубину и по лимбу *14* определяют фактический размер. Закрепляют винтом *13* шпиндель вертикальной головки. Затем, не меняя установки поворотного столика, поворачивают трехкулачковый патрон с заготовкой детали и по его шкале и нониусу столика устанавливают заданный угол второго отверстия и закрепляют хвостовик патрона *2* гайкой *7* с обратной стороны поворотного столика *6*. Установив на заданный угол заготовку, сверлят третье отверстие и т. д.

Перед началом работы проверяют закрепление детали на столе сверлильного станка, степень нагрева подшипников шпиндельной головки, протирают стол и трущиеся детали станка, а также своевременно удаляют стружку из-под сверла во избежание задиров в обрабатываемом отверстии. На рис. 69, *б* показан правильный способ крепления прижимами *5* тисков *7* на столике *1* станка и установка заготовки *4* в губках *3* и *6* и крепление их винтом *2*. Для наглядности показаны способ крепления сверла *9* в патроне *10*, установленного в шпинделе *11* головки станка, и метод снятия стружки *12* кистью *8* левой руки во время сверления отверстия в детали *4*.

Рабочее место токаря-расточника должно быть оборудовано в соответствии с выполняемой работой. Отсутствие необходимой оснастки, инструмента и приспособлений, беспорядок в хранении инструмента и чертежей снижает производительность труда и качество выполняемой работы.



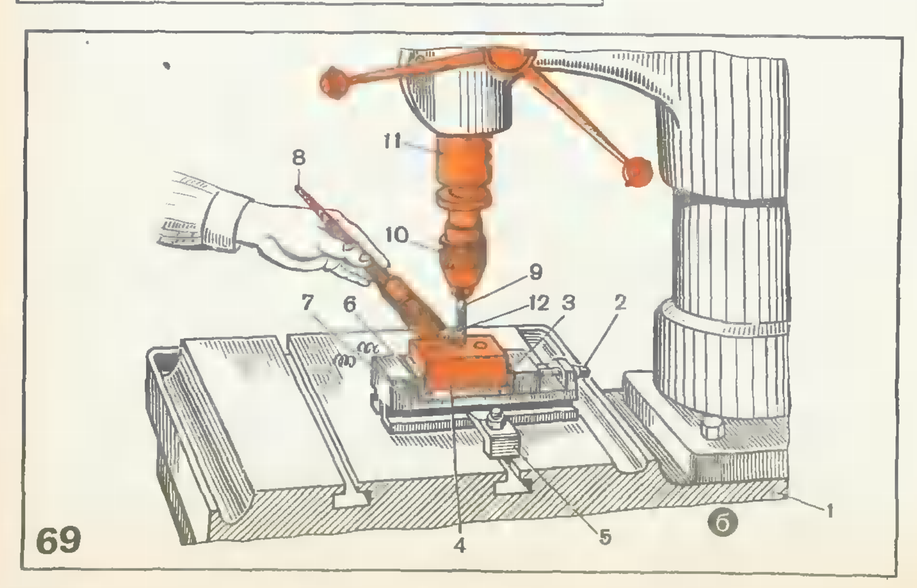
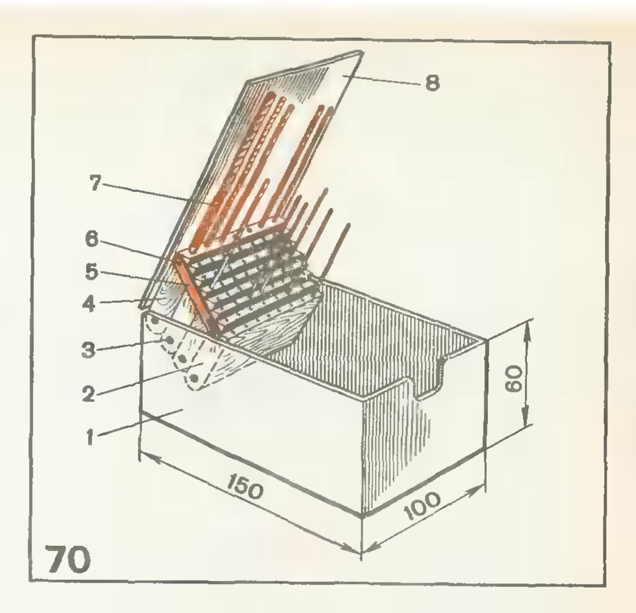




**Рис. 69.**
**Универсальный настольный сверлильный станок с поворотным столом:**
а — общий вид; б — прием сверления

**Рис. 70.**
**Настольный ящик для хранения сверл**




Для хранения инструмента используют различные ящики и тумбочки. На рис. 70 показан настольный ящик для хранения сверл *7*. Каркас ящика *1* изготовлен из алюминиевых сварных пластин. В стойках ящика *2* сверлят отверстия диаметром от 1 до 5 мм через 0,1 мм.

Сбоку в каждой стойке, и соответственно в ящике, сверлят по отверстию для установки штифтов *3*. После этого вставляют штифты *3* и закрепляют винтами крышку *8* к стойке *4*. Убедившись, что крышка со стойкой закрывается и открывается свободно, сверлят отверстия в стойках *2* и *4*, запрессовывают в них штифты *6* и устанавливают планку *5*.

На рис. 71 показан шкаф для хранения различных мелких режущих и крепежных инструментов *12* и *13*, комплектов плиток концевых мер *2*, оправок и патронов *10*, сверл *11*, контрольных колец *4* и *6* и другого вспомогательного инструмента.

Каркас *1* тумбочки изготовлен из сварных стальных трубок и застеклен десятимиллиметровыми небьющимися пластинками. Полочки *3* и *8* изготовлены из органического стекла толщиной 15 мм. Дверца *9* тумбочки закреплена на петлях *7*. На дверце имеются две ручки *5* и *15*. Особенности этой тумбочки состоят в том, что весь хранившийся в ней инструмент, уложенный на войлочных подкладках *14*, хорошо просматривается и можно быстро найти необходимый инструмент.

На рис. 72 показана тумбочка, сварной каркас *1* которой изготовлен из угловой стали 36×36. Тумбочка состоит из двух секций. С левой стороны имеется секция с открывающейся дверкой *8* с замком. Во внутренней части секции на подшипниках выдвигаются четыре металлических ящика с войлочным покрытием, в которых хранят контрольно-измерительный инструмент и документацию. В секции с правой стороны, сверху, вставлен выдвижной ящик *2* для хранения инструмента первой необходимости. В средней части секции имеются три выдвиж-

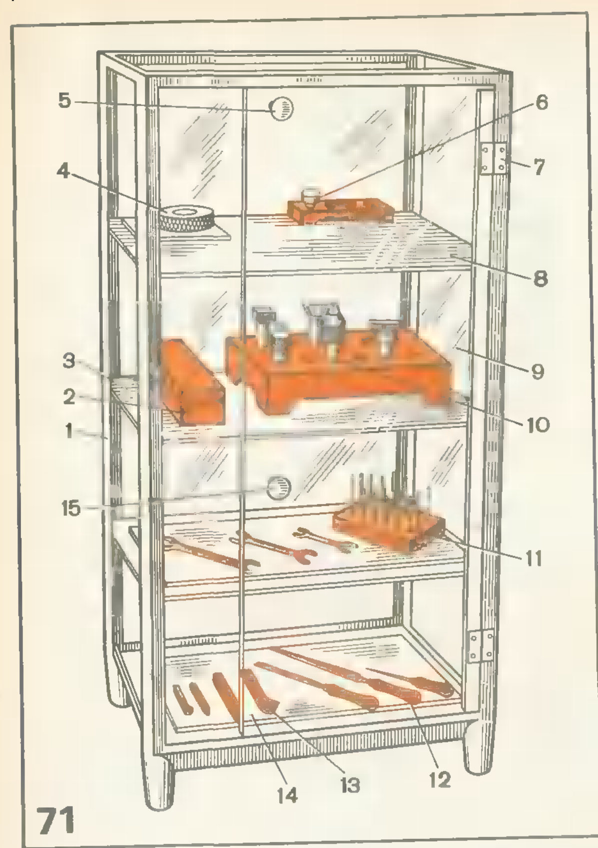
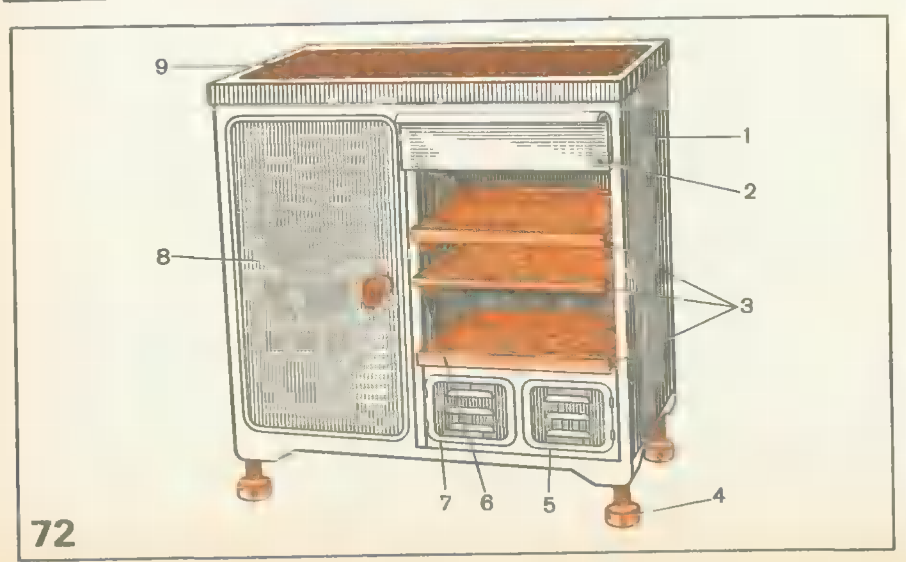


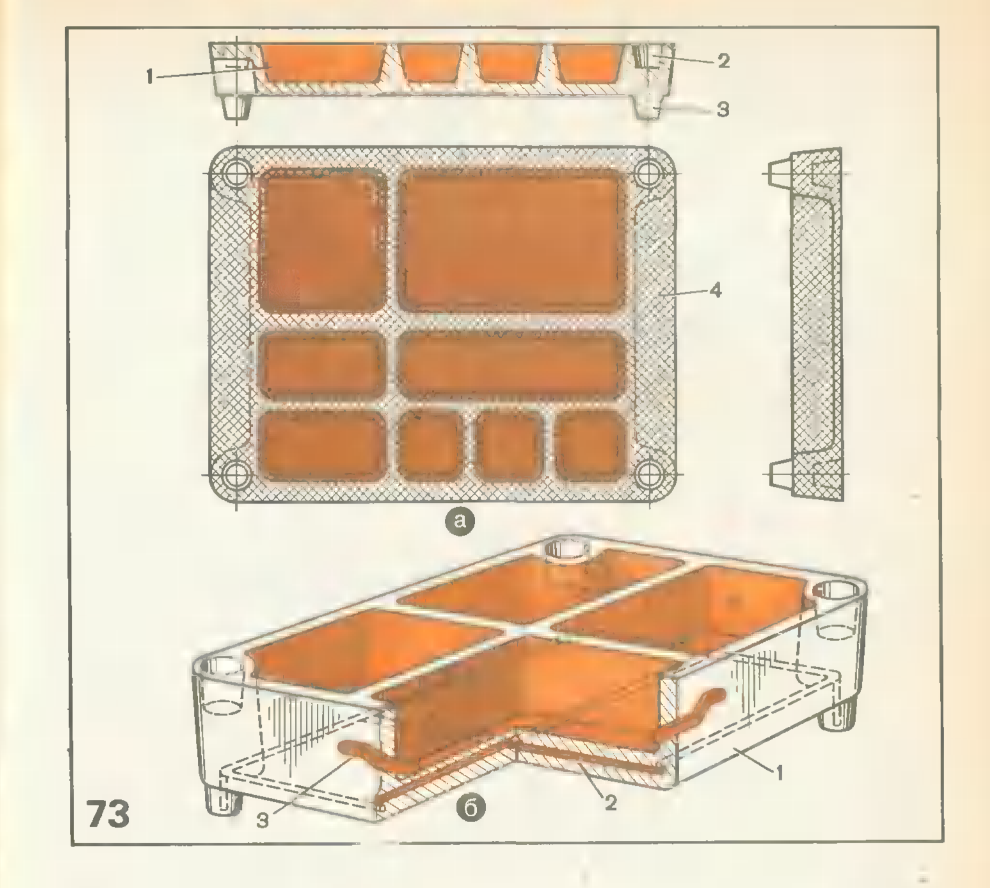

**Рис. 71.**
Стеклянный шкаф для хранения инструмента

**Рис. 72.**
Тумбочка для хранения инструмента, приспособлений и смазочного материала

**Рис. 73.**
Тара для хранения заготовок и готовых изделий:
а — многогнездовая пластмассовая; б — многогнездовая древесностружечная






ных деревянных ящика *3*, установленные на подшипниках *6* и предназначенные для готовых изделий и приспособлений. В нижней части секции два отделения: в отделении *5* имеется ящик для протирочного материала, в отделении *7* — тара для смазочной жидкости. Верхняя часть тумбочки покрыта линолиумом *9*. В нижней части каркаса с четырех сторон приварены резьбовые втулки, в которые вставлены винты *4* для регулирования высоты тумбочки.

На рис. 73, *а* показана тара прямоугольной формы, изготовленная из пластмассы. Внутренняя часть тары имеет несколько квадратных конусообразных ячеек *1* для хранения готовых мелких изделий или заготовок. Каждая ячейка имеет различные размеры по длине и ширине. Перемычки между ячейками одновременно являются ребрами жесткости тары. Для удобства ручной переноски тары с двух ее сторон имеются углубления *4*, а для установки их одну на другую в верхней части тары имеются четыре конусообразных гнезда *2*, а в нижней части четыре выступа *3*. При транспортировке тары с изделиями выступы *3* вставляют в соответствующие гнезда *2* другой тары, обеспечивая надежность их соединения.

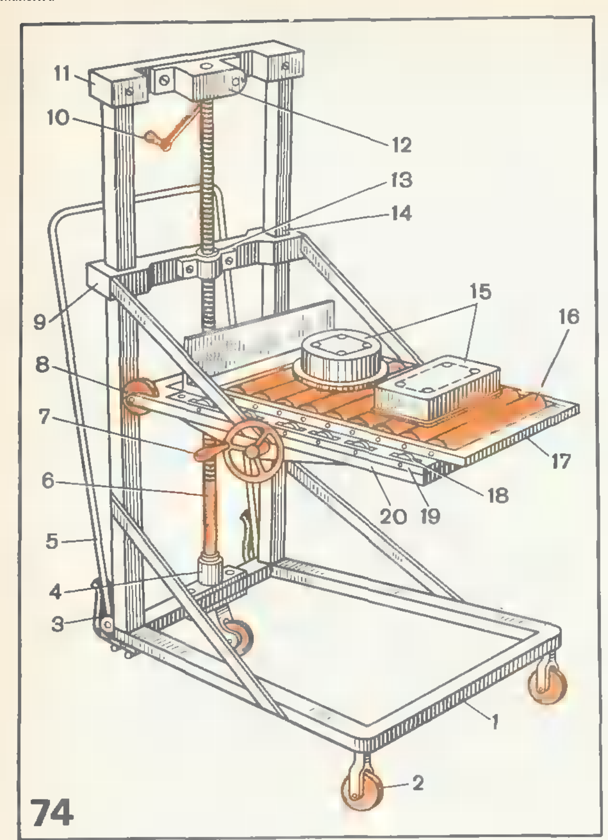



**Рис. 74.**
**Тележка [redacted] подъемно-винтовой платформой**

На рис. 73, *б* показана тара, изготовленная из древесно-стружечного материала, для хранения и транспортирования изделий и заготовок больших размеров. В отличие от предыдущей конструкции (см. рис. 73, *а*) данная тара *1* имеет более жесткую конструкцию за счет железной сварной прутковой арматуры *2*, залитой [redacted] нижней части тары. Для удобства переноски тары с грузом у нее имеется четыре металлические ручки *3*.

Для транспортирования заготовок и готовых деталей штампов и пресс-форм массой до 100 кг [redacted] рабочее место токаря-расточника используют тележку с подъемно-выдвижной платформой, в верхней части которой имеется выдвижной рольганг (рис. 74). Нижняя рама *1* тележки состоит из четырех сварных стальных труб размером 40×40 мм, [redacted] стойки *14* изготовлены из квадратной сварной стальной трубы размером 50×50 мм, скрепленные между собой двумя стальными пластинками и планкой *11*. Высота стоек тележки 1200 мм, ширина нижней рамы *1* 600 мм, длина 800 мм. Между боковыми стойками *14* перемещается ползун *9*, который, [redacted] свою очередь, соединен с платформой *19* двумя стальными пластинками. На рамке [redacted] двух боковых сторон (сверху) закреплены две стальные линейки *20* с окнами, в которых установлены резиновые ролики *18*. На эти ролики установлена рамка *17* [redacted] катками *16*. С помощью штурвала *7*, винт которого соединен с рейкой рамки *17*, можно выдвигать ее на определенное расстояние [redacted] зависимости от массы детали *15*. Поднятие и опускание ползуна *9* [redacted] платформой *19* производят вручную с помощью рукоятки *10*, винта *6* и роликов *8*. Винт *6* установлен во втулке *4*, гайке *13* ползуна *9* и конических шестеренках, вмонтированных [redacted] коробку *12*. [redacted] результате небольшой массы [redacted] малых габаритных размеров, а также наличия трех роликов *2* [redacted] ручки *5* с прижимной пластинчатой пружиной *3* тележка очень маневренна и удобна.



## [redacted] 2. Прогрессивные методы обработки деталей [redacted] координатно-расточных [redacted]

В инструментальном производстве при растачивании поверхностей [redacted] матрицах штампов и пресс-форм особые требования предъявляют не только к шероховатости [redacted] точности их обработки, но и [redacted] посадочным местам [redacted] обоймах для пуансонов, [redacted] также [redacted] отверстиях для толкателей. Как правило, рабочие чертежи деталей штампов и пресс-форм содержат только габаритные размеры деталей, и токарю-расточнику приходится самому осуществлять дополнительные геометрические расчеты.

Например, на рабочем чертеже матрицы пресс-формы (рис. 75) задана высота $h = O_1 n$ четырехугольника $OO_1O_2O_3$ и две его параллельные стороны $O_1O_2$ и $OO_3$. Требуется найти размеры сторон $OO_1$ [redacted] $O_1O_3$ [redacted] угол $\alpha$, необходимые для контроля точности изготовления.

Для нахождения размера $O_1O_3$ воспользуемся правилом определения гипотенузы [redacted] прямоугольном треугольнике, т. е.

$$O_1O_3 = \sqrt{(O_2O_3)^2 + (O_1O_2)^2}.$$

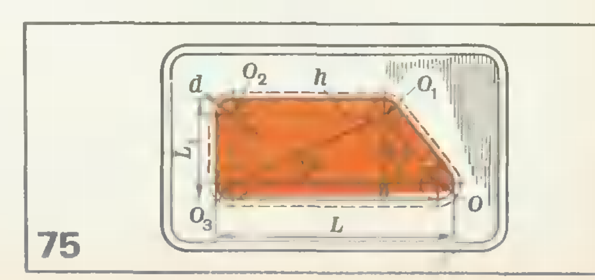
Для определения размера $OO_1$ можно также воспользоваться данным правилом, построив прямоугольный треугольник $OO_1n$:

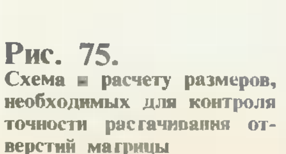
$$OO_1 = \sqrt{(O_2O_3)^2 + (OO_3 - O_1O_2)^2}.$$

Угол $\alpha$ определяют по формуле:

$$\alpha = \arcsin\frac{O_2O_3}{O_1O_3}$$

На чертеже рассматриваемой матрицы могут быть указаны только длины сторон четырехугольника $L$, $L_1$ [redacted] угол $\beta$. Тогда расстояния $O_1O_3$ и





**Рис. 75.**
**Схема [redacted] расчету размеров, необходимых для контроля точности растачивания отверстий матрицы**

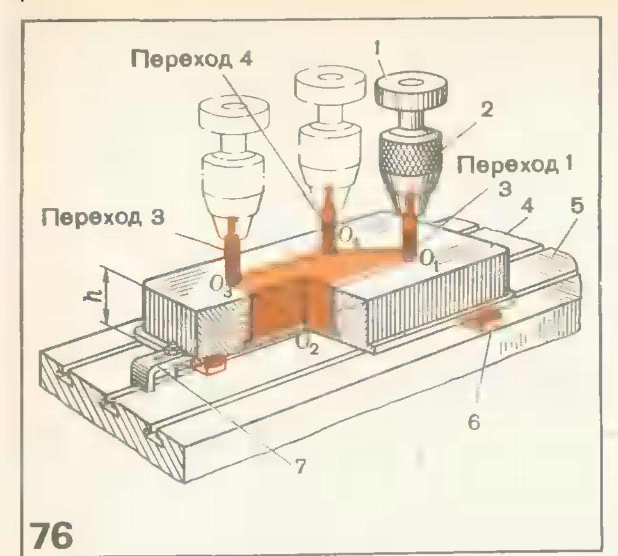



**Рис. 76.**
**Приемы сверлении отверстий на координатно-расточном [redacted]**

$OO_1$, необходимые для координатного растачивания отверстий [redacted] матрице штампа, определяют следующим образом. Четырехугольник $OO_1O_2O_3$ разбивают на прямоугольный четырехугольник $O_1O_2O_3n$ и прямоугольный треугольник $OO_1n$. Искомый размер $OO_1$ определяют из прямоугольного треугольника $OO_1n$:

$$OO_1 = \frac{(L_1 - d)}{\sin\beta},$$

где $d$ — диаметр растачиваемого отверстия.

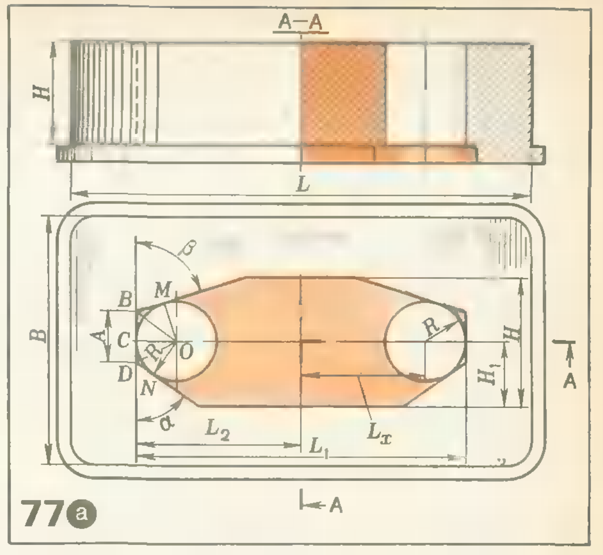
Размер $O_1O_3$ можно найти по теореме косинусов:

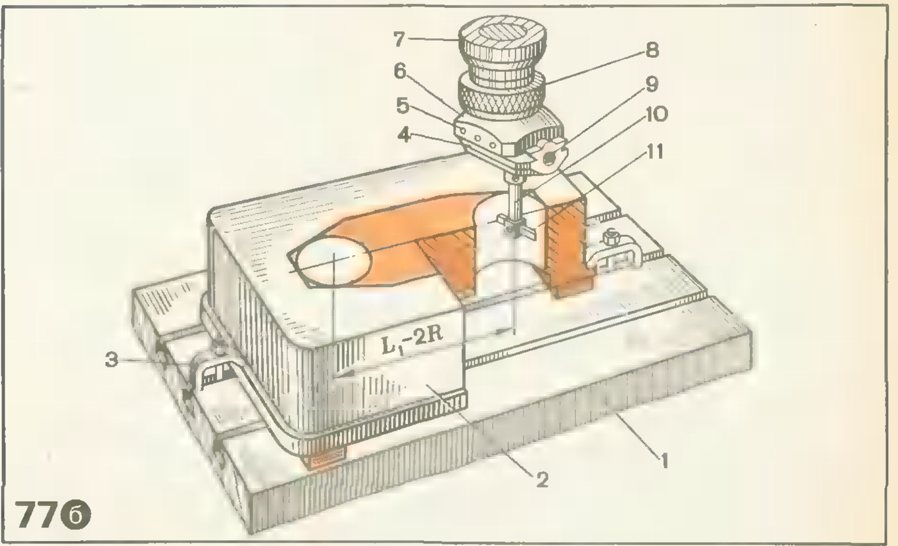
$$O_1O_3 = \sqrt{(L - d)^2 + (\frac{L_1 - d}{\sin\beta})^2 - 2\frac{(L - d)(L_1 - d)}{\sin\beta}\cos\beta}.$$

Убедившись, что необходимые расчеты произведены правильно, приступают к предварительной обработке оформляющих отверстий (по которым определяется сопрягаемый контур) в матрице *4* (рис. 76). Для этого матрицу *4* устанавливают на подкладки *6* и закрепляют прижимами *7* к столу *5* координатно-расточного станка. Затем подбирают сверло *3*, соответствующее диаметру оформляющих отверстий $O_1$, $O_2$, $O_3$ и $O_4$ профиля матрицы (см. рис. 75) и закрепляют его в патроне *2*, конус которого точно установлен в конусе шпинделя *1* вертикальной головки (см. рис. 67, *а*) координатно-расточного станка. Вращая (от руки) маховички вертикальной подачи головки продольного и поперечного перемещений стола станка, по нониусу лимба устанавливают на поверхность матрицы сверло [redacted] точку $O_1$ и сверлят первое отверстие [redacted] глубину *h* (переход *1*). После этого на нониусе лимба продольного перемещения стола *5* определяют фактический размер, и перемещают стол с матрицей *4* до точки $O_2$ и сверлят второе отверстие (переход *2*), затем определяют размер по нониусу лимба и поднимают шпиндель *1* со сверлом *3*.



**Рис. 77.**
**Осуществление операции растачивании [redacted] контуром, представляющим [redacted] дуги окружности [redacted] прямыми:**
*а* — деталь; [redacted] — прием растачива ния




Вращая маховичок поперечного перемещения стола *4*, подводят сверло *3* к точке $O_3$ (переход *3*) и сверлят третье отверстие. Затем делают расчет угла α [redacted] сверлят четвертое отверстие $O_4$ (переход *4*). После этого матрицу отдают на дальнейшую доработку — разметку, фрезерование, слесарную обработку и т. д. согласно технологической карте.

Прежде чем осуществить обработку сложной детали, токарь-расточник должен произвести вспомогательные геометрические расчеты.

На рис. 77, *а* показана матрица пресс-формы, обработанная по наружному контуру длиной *L*, шириной *B* и высотой *H*. Все наружные

поверхности матрицы прошлифованы точно под углом 90°, так как они являются технологическими базами при растачивании отверстий.

Вспомогательным расчетом в данном случае является определение расстояния $L_x$, т. е. центра растачиваемого отверстия от оси симметрии матрицы. Согласно рабочему чертежу известны углы $\alpha$ и $\beta$ и размеры $A$ и $L_1$. Для определения размера $L_x$ необходимо рассчитать диаметр растачиваемого отверстия при условии, что окружность радиуса $R$ касается трех прямых. Для этого проведем ряд дополнительных построений.

Из центра растачиваемого отверстия $O$ опустим перпендикуляр на каждую прямую, получим две пары симметричных треугольников: $\Delta OCD$ и $\Delta ODN$, а также $\Delta OMB$ и $\Delta OBC$. Два из этих треугольников, имеющих одну общую сторону $OC$, образуют $\Delta$ $OBД$, где $OC = R$ — высота. Так как углы $\alpha$ и $\beta$ известны, то $\angle OBC = \frac{180^\circ - \beta}{2}$ и $\angle ODC = \frac{180^\circ - \alpha}{2}$. Теперь легко определить высоту данного треугольника, являющуюся искомым радиусом.

По теореме синусов из $\Delta OBD$ имеем

$$\frac{OB}{\sin \angle ODC} = \frac{A}{\sin \angle BOD},$$

где $\angle BOD = 180^\circ - \angle OBC - \angle ODC$.

Подставив значения углов, получим

$$\angle BOD = \frac{\alpha + \beta}{2}.$$

Тогда

$$OB = A\frac{\sin \frac{180 - \alpha}{2}}{\sin \frac{\alpha + \beta}{2}} = A\frac{\cos \frac{\alpha}{2}}{\sin \frac{\alpha + \beta}{2}}.$$

Зная $OB$, из $\Delta OBC$ определяем искомый радиус $R$:

$$R = OB \sin \angle OBC = A\frac{\cos \frac{\alpha}{2}}{\sin \frac{\alpha + \beta}{2}} \sin \frac{180 - \beta}{2},$$

или

$$R = A\frac{\cos \frac{\alpha}{2} \cdot \cos \frac{\beta}{2}}{\cos \frac{\alpha + \beta}{2}}$$

Значение $L_x$ определяют по формуле

$$L_x = \frac{L_1}{2} - R$$

На рис. 77, *б* показан прием растачивания матрицы *2* пресс-формы на координатно-расточном станке. Матрица установлена на столе *1* и закреплена с двух сторон прижимами *3*. Растачивание пресс-формы производят расточной регулируемой головкой *6*, установленной в шпин-



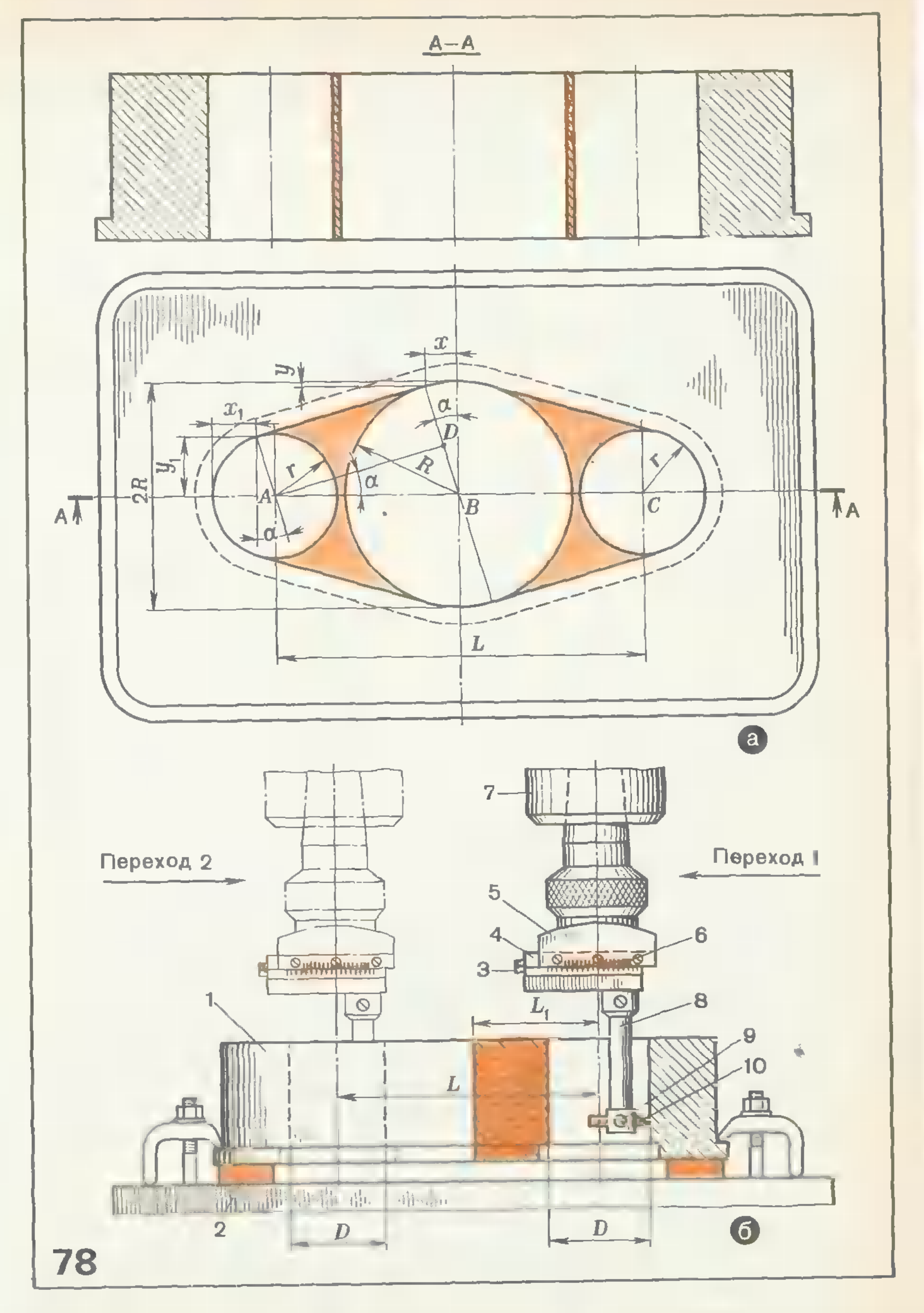



**Рис. 78.**
**Осуществление операции растачивания детали в контуром, представляющим сочетание дуг окружностей двух различных радиусов:**
*а* — деталь, *б* — приемы растачивания

деле 7 станка. На верхней части корпуса установлено зажимное кольцо 8. В нижней части корпуса имеется паз типа ласточкин хвост, по которому перемещается с помощью микрометрического винта 9 ползун 4 с резцедержателем 10 и резцом 11. Ползун с резцом устанавливают на требуемый размер растачиваемой поверхности микровинтом 9 и закрепляют винтами 5.

На рис. 78, [illegible] изображен внутренний контур матрицы. Для обработки матрицы необходимо произвести вспомогательные технологические расчеты: определить угол наклона между двумя касательными [illegible] дугам [illegible] координаты точек касания при заданных $R$, $r$, $L$. Эти величины определяют следующим образом. Из точек $A$, $B$ и $C$ проводят дуги радиусов $R$ и $r$ с точками касания, определяемыми координатами $(x, y)$ и $(x_1, y_1)$. Затем из точки $A$ проводят прямую, параллельную касательной до пересечения с радиусом $R$ [illegible] точке $D$. Получим прямоугольный $\Delta ABD$ с $\angle BAD=\alpha$. Следовательно,

$$\sin\alpha = \frac{BD}{AB} = \frac{R-r}{\frac{L}{2}} = \frac{2(R-r)}{L};$$

тогда искомые размеры определяют по формулам

$$x = R\sin\alpha;\; y = R(1-\cos\alpha);\; x_1 = r(1-\sin\alpha);\; y_1 = r\cos\alpha.$$

Предварительная обработка отверстий [illegible] заготовке матрицы (рис. 78, *б*) осуществляется следующим образом: вначале размечают, сверлят и предварительно выфрезеровывают [illegible] поворотном столе три отверстия с припуском 1—2 мм на растачивание. Затем укладывают матрицу 1 на подкладки 2 и закрепляют прижимами. После этого вставляют конус оправки 5 в головку 7 координатно-расточного станка [illegible] устанавливают микрометрическим винтом 3 по шкале ползуна 4 [illegible] нониусу 6 головки 7 соответствующий размер $r$ (см. рис. 78, *а*); закрепляют винтом 9 резец 10 в оправке 8 и приступают к растачиванию первого отверстия диаметром $D$ и проверяют его контрольным калибром или индикаторным прибором. Затем по нониусу лимба продольного перемещения стола стол с матрицей перемещают до размера $L$ и растачивают второе отверстие диаметром $D$. С помощью двух контрольных калибров и блока плиток концевых мер проверяют в матрице межцентровое расстояние $L$ между точками $A$ и $C$. Затем по нониусу лимба продольного перемещения стола стол с матрицей перемещают до размера $L_1$ и растачивают центральное отверстие радиусом $R$, выдерживая технологические расчетные размеры [illegible] точках сопряжения $(x, y)$ окружности с наклонной линией, проходящей под углом $\alpha$ (см. рис. 78, *а*). В процессе обработки отверстий рекомендуется делать проверку [illegible] только по показаниям нониуса головки и лимба станка, но [illegible] с помощью контрольных калибров и блоков плиток концевых мер.

На рис. 79, [illegible] изображен сложный сопряженный профиль контура матрицы вырубного штампа. Согласно рабочему чертежу даны: $R$, $r$, $L$ и $\alpha$, требуется найти $l$, $k$, $m$, [illegible] размеры, определяющие положение точек сопряжения дуг окружностей и прямой.

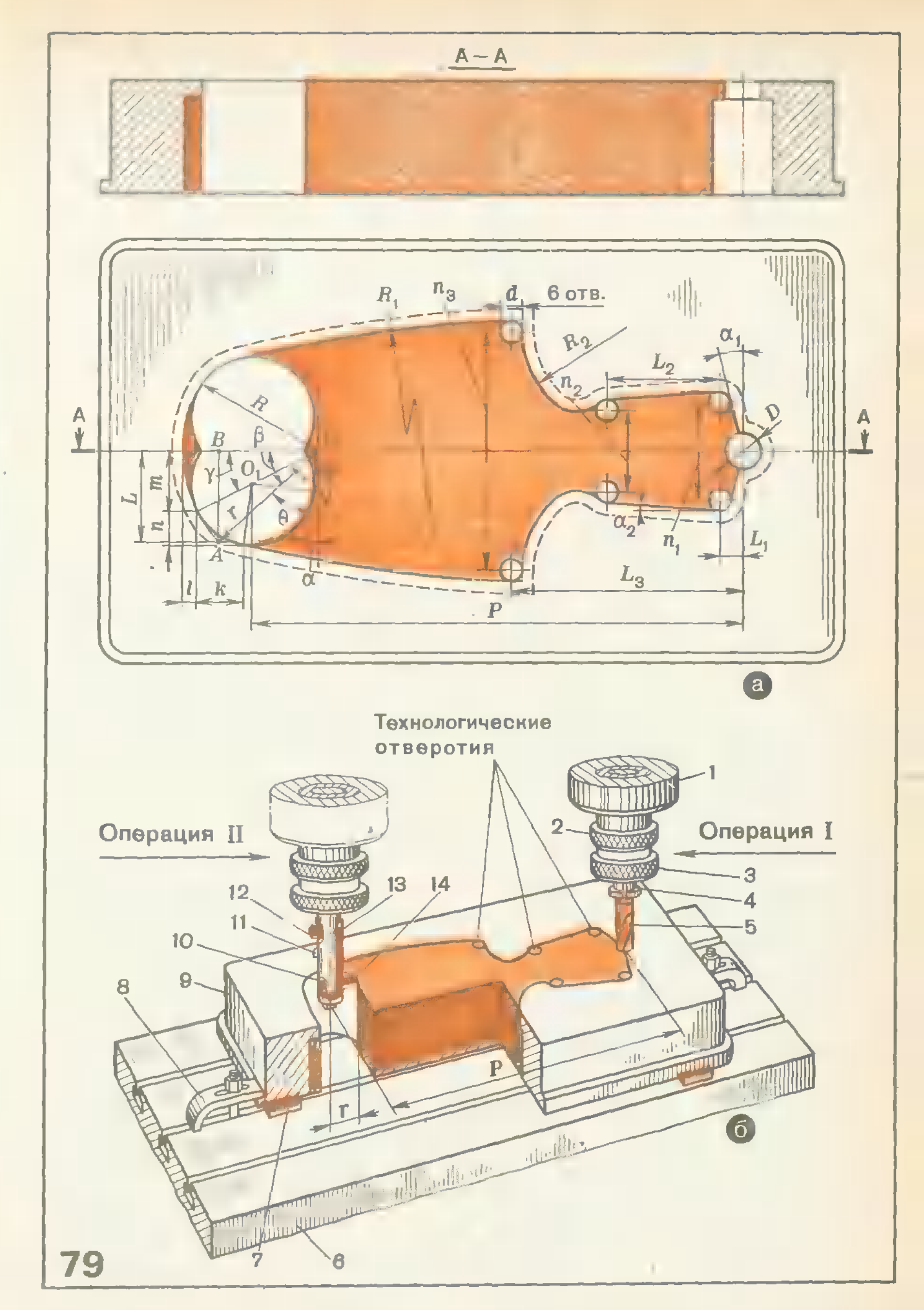



**Рис. 79.**
**Осуществление операции растачивания детали с контуром, представляющим сочетание дуг окружностей различных радиусов и прямых:** *[illegible] — деталь, б — приемы растачивания*

Вначале определяют вспомогательные углы $\beta$, $\theta$, $\varphi$ и $\gamma$. Из $\Delta\ OAB$ имеем

$$\sin\beta = \frac{L}{R}; \quad \theta = 90^\circ - \beta - \alpha;$$

из $\Delta\ OO_1N$ имеем

$$\cos\varphi = \frac{NO}{OO_1} = \frac{R\sin\theta - r}{R - r};$$

$$\gamma = 90^\circ - \alpha - \varphi.$$

Зная вспомогательные углы, определяем искомые размеры точек сопряжения:

$$l = R(1 - \cos\gamma); \quad m = R\sin\gamma;$$

$$k = r(\cos\gamma - \sin\alpha); \quad n = r(\cos\alpha - \sin\gamma).$$

На рис. 79, *б* показано сверление и растачивание отверстий в матрице вырубного штампа на координатно-расточном станке. Вначале в шпиндель *1* вертикальной головки вставляют резьбовую оправку *2* и закрепляют в ней цангу *4* со сверлом *5*, соответствующим диаметру отверстия $D$ (см. рис. 79, *а*), и сверлят отверстие в матрице *9* (операция I), уложенной на подкладках *7* и закрепленной прижимами *8* на столе *6* станка. После этого сверло *5* снимают, закрепляют сверло меньшего диаметра $d$ (см. рис. 79, *а*) и сверлят (по закерненым точкам) все шесть технологических отверстий $d$, выдерживая межцентровые размеры $L_1$, $L_2$, $n_1$, $n_2$, $n_3$ и $L_3$. Затем размечают весь контур матрицы, беря за базу технологические отверстия, и предварительно сверлят и фрезеруют (оставив припуск 1—2 мм для растачивания) два исполнительных отверстия радиусом $r$, приняв за базу отверстие диаметром $D$ (см. рис. 79, *а*).

Убедившись, что просверлены все шесть отверстий и профрезерованы два отверстия под растачивание, а разметка контура матрицы *9* выполнена правильно, цангу *4* со сверлом *5* вынимают из головки *2* и устанавливают оправку *10*, закрепляя ее гайкой *3*. Затем по лимбу продольного перемещения стола *6* определяют фактический размер и перемещают стол с матрицей, относительно шпинделя с головкой и оправкой перемещают на размер $P$. После этого с помощью микрометрического винта *12* и регулирующей планки *13* устанавливают резец *14* на размер $r$ и растачивают вначале первое отверстие (операция II) до размера $L$, а затем этим же способом второе отверстие, сопрягающееся с радиусами $R$ и $r$. Устанавливают матрицу для фрезерования поверхности радиуса $R_2$ (см. рис. 79).

На рис. 80, *а* изображена матрица вырубного штампа, контур которой состоит из вогнуто-выпуклых участков, сопряженных с прямыми линиями. Для изготовления матрицы не требуются дополнительные расчеты, так как достаточно иметь те размеры, которые проставлены на рабочем чертеже.

На рис. 80, *б* показано растачивание в матрице четырех отверстий диаметрами $D$ и $D_1$, которые сопрягаются с выпуклыми цилиндриче-



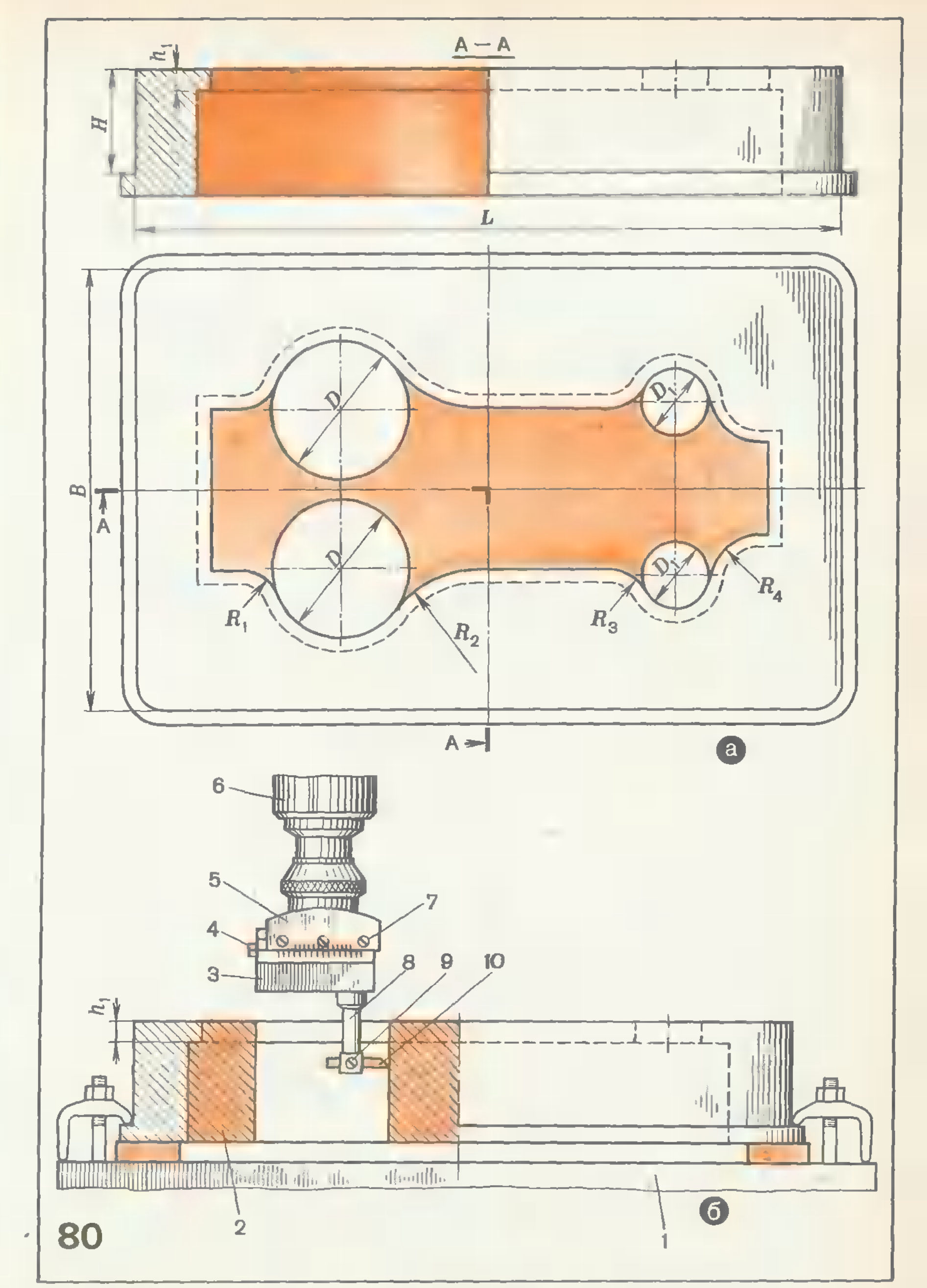



**Рис. 80.** Осуществление операции растачивания отверстий, сопряженных с выпуклыми цилиндрическими поверхностями:
а — деталь; б — приемы растачивания

скими поверхностями радиусами $R_1$, $R_2$, $R_3$ и $R_4$. Последние сопрягаются также с плоскостями.

Прежде чем приступить к обработке отверстий, нужно прошлифовать наружные поверхности, выдержав размеры: по высоте $H$, длине $L$ и ширине $B$. Установив и закрепив заготовку *2* на столе *1*, приступают к обработке оформляющего контура матрицы. После этого на поверхностях заготовки матрицы *2* с двух сторон размечают оформляющий контур и «обнизку» (для выхода листовой заготовки изделия). На вертикально-фрезерном станке выфрезеровывают «обнизку» до размера $n_1$ (см. рис. 80, *б*) и отверстия с припуском 2—3 мм.

Предварительно обработав заготовку матрицы, ее устанавливают и закрепляют на столе *1* координатно-расточного станка, затем вставляют конус расточной головки *5* (см. рис. 80, *б*) в шпиндель *6*, а резец *10* в квадратное окно оправки *8* и закрепляют его винтом *9*. Затем с помощью нониуса головки и шкалы ползуна микровинтом *4* перемещают ползун *3* по пазу головки *5* и, установив заданный размер, закрепляют его винтами *7*. После этого растачивают два отверстия диаметром $D_1$, контролируя диаметры отверстий при черновой обработке, а при чистовой обработке — индикаторным нутромером.

При обработке внутренних и наружных контуров матриц пресс-форм для уменьшения объема слесарных работ применяют чистовое координатное растачивание и фрезерование, получая шероховатость обработанных поверхностей $Ra = 1{,}25 \div 0{,}63$ мкм и точность 2-го класса. Чистовое координатное растачивание применяют также для окончательной обработки точных фасонных окон у незакаленных деталей штампов и пресс-форм (пуансонодержателей и съемников).

Для обеспечения требуемой шероховатости и точности чистовое растачивание необходимо выполнять на координатно-расточных (мод. 2430, 2450) или универсально-фрезерных станках повышенной точности и жесткости (шпиндель в нагруженном состоянии имеет биение не более 0,007 мм).

На рис. 81, *а* изображена матрица пресс-формы, внутренний контур которой имеет сложный сопряженный профиль и ряд отверстий для знаков и пуансонов. Прежде чем приступить к чистовому растачиванию отверстий, необходимо прошлифовать наружные посадочные поверхности. Затем приступают к технологическим вспомогательным расчетам. Для этого согласно рабочему чертежу, зная $R$, $r$, $a$ и $b$, необходимо определить $m$ и $n$.

Определяем вспомогательные углы.

Из $\Delta OO_1A$ имеем

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{R - b - r}{a}; \qquad \cos\beta = \frac{R^2 + (OO_1)^2 - r^2}{2R(OO_1)}; \qquad \gamma = 90 - \beta - \alpha,$$

где

$$OO_1 = \sqrt{a^2 + [R - (b + r)]^2}.$$

Координаты точек пересечения:

$$m = R\sin\gamma; \; n = R(1 - \cos\gamma).$$



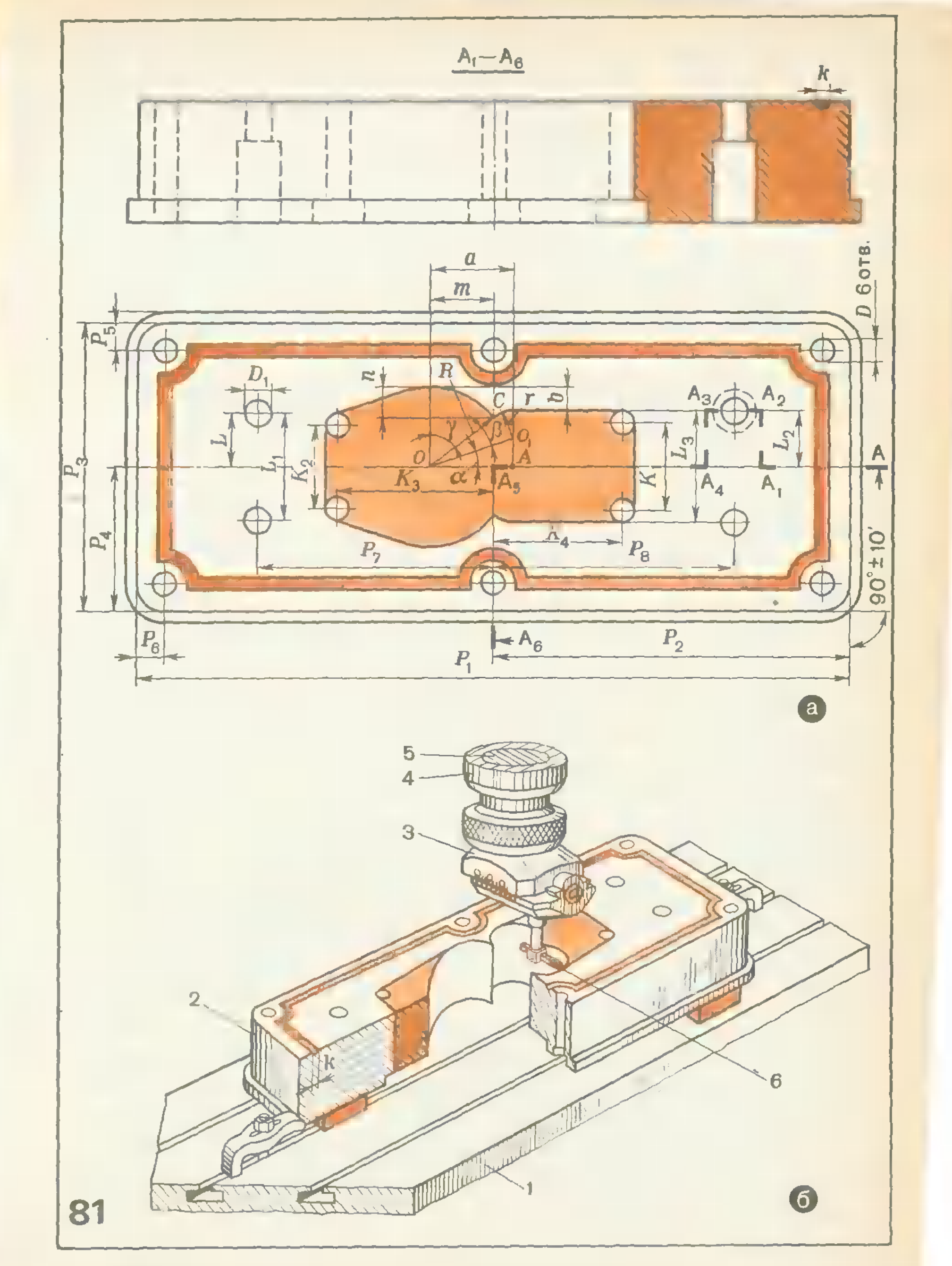



**Рис. 81.**

**Осуществление операции чистового растачивания:**

*а* деталь, *б* приемы растачивания

При подготовке [redacted] чистовому растачиванию необходимо проверить состояние рабочего места, [redacted] также наличие контрольных калибров, индикаторных приборов, расточных головок, оправок патронов, точных параллельных тисков и набора крепежно-установочного инструмента.

На рис. 81, *б* показано чистовое растачивание отверстий сопряженного профиля матрицы, [redacted] также сверление [redacted] растачивание отверстий (технологических) контура матрицы. После закрепления матрицы *2* на столе *1* в шпиндель *4* вставляют конус торцово-цилиндрической фрезы и выфрезеровывают [redacted] разметке профиль матрицы с учетом припуска 2—3 мм на чистовое растачивание. Затем фрезу вынимают и устанавливают конус *5* расточной головки с резцом *6*. Установив по нониусу головки и шкале ползуна заданный размер, приступают к растачиванию малого отверстия радиуса $r$ с центром $O_1$.

Расточив первое отверстие, растачивают второе отверстие, затем отверстие с центром в точке $O$ радиусом $R$, сопрягающегося с двумя дугами радиусов $r$.

Убедившись, что все три отверстия профиля матрицы обработаны точно, приступают [redacted] сверлению и растачиванию (развертыванию) десяти отверстий для знаков и четырех технологических отверстий. Для этого расточную головку *3* снимают со шпинделя *4* и устанавливают сверлильный патрон со сверлом диаметром $D$, сверлят, а затем развертывают отверстия для толкателей и знаков, выдерживая размеры $P_1$, $P_2$, $P_5$ и $P_6$. Закончив сверление и развертывание шести отверстий для толкателей, сверлят, а затем развертывают четыре технологических отверстия, выдерживая размеры $K_1$, $K_2$, $K_3$ и $K_4$. Эти отверстия используются для контроля сопряжений линий всего контура матрицы при чистовом фрезеровании и слесарной обработке. Остальные четыре отверстия, предназначенные для оформляющих знаков, сверлят и развертывают, как было описано выше. Но заданные координатные [redacted] размеры $P_7$, $P_8$ и $L$, $L_1$, $L_2$ и $L_3$ выполняют и контролируют от центральных осевых линий [redacted] наружных поверхностей контура матрицы.

На рис. 82, [redacted] показана матрица пресс-формы, внутренний контур которой имеет сложный сопряженный профиль. Для обработки такой матрицы необходимо проверить не только как прошлифованы ее наружные размеры $H$, $L$, $B$, углы под 90°, но и точно ли размечены исполнительные размеры $P$, $P_1$, $P_2$, $P_3$, $H$, $H_1$ и наклонные линии под углами $\alpha$, $\alpha_1$, $\alpha_2$, которые сопрягаются с отверстиями диаметрами $D$, $D_1$, $D_2$ и $D_3$.

На рис. 82, *б* показаны приемы растачивания двух отверстий в матрице *2* пресс-формы, установленной на столе *1* координатно-расточного станка и закрепленной прижимами *10*. Вначале [redacted] шпиндель *7* станка вставляют сверлильный патрон со сверлом (диаметр патрона на рисунке не показан). С помощью нониуса лимба продольного [redacted] поперечного перемещений стола *1* станка перемещают стол с матрицей и сверлят по разметке четыре технологических отверстия $D_1$, $D_2$, $D_3$ и $D_4$. Затем сверло вынимают из патрона и на его место устанавливают сверло большего диаметра для того, чтобы прошла оправка с резцом при растачивании отверстий диаметрами $D$ и $D_4$. После этого перемещают стол



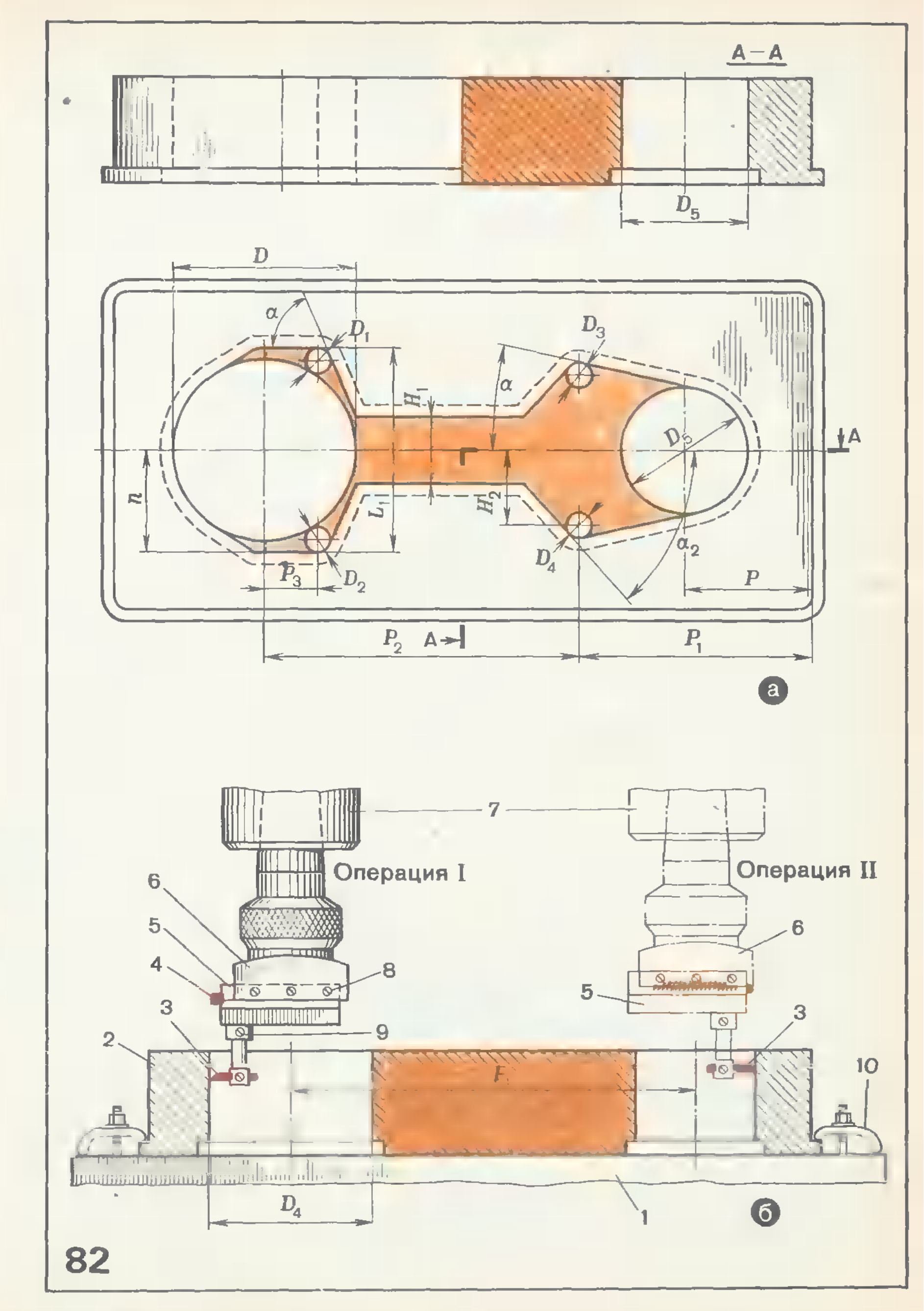



**Рис. 82.** Осуществление операции [redacted] растачивания: [redacted] — деталь; *б* приемы растачивания

(по нониусу лимба продольного перемещения стола), устанавливают сверло по центру отверстия и сверлят его.

Затем с помощью нониуса лимба продольного перемещения стола станка перемещают стол с матрицей на размер $P_2$ и сверлят отверстие диаметром $D_4$. Патрон со сверлом снимают со шпинделя *7* и устанавливают расточную головку *6* (операция I). С помощью микровинта *4* по нониусу расточной головки *6*, шкале ползуна *5* с оправкой [illegible] резцом *3* устанавливают заданный размер $D_4$ [illegible] закрепляют ползун [illegible] головке винтами *8*. Расточив отверстие, стол *1* с матрицей *2* перемещают по нониусу лимба маховика продольного перемещения стола станка на размер $P_2$ и приступают к растачиванию отверстия $D$. Для этого ползун *5* с резцом *3* (операция II) настраивают по нониусу головки и шкале ползуна [illegible] заданный размер $D$ и растачивают второе отверстие [illegible] матрице пресс-формы.

На рис. 83, *а* показана матрица пресс-формы сложного сопряженного профиля, образованного дугами окружностей и наклонными линиями, при обработке которого необходимы дополнительные технологические операции [illegible] процессе фрезерной и слесарной обработки. Для этого необходимо прошлифовать все шесть сторон заготовки в размеры $P, B, H$ и углы под 90°, которые являются базовыми поверхностями при разметке, растачивании [illegible] фрезеровании контура матрицы.

Установив матрицу [illegible] прокладки *2* стола *1* и закрепив [illegible] прижимами *3* и *4* (рис. 83, *б*), [illegible] шпиндель *7* вставляют хвостовик сверлильного патрона со сверлом (на рисунке не показано) соответствующего диаметра и сверлят отверстия диаметром $D$ с припуском 0,2 мм под развертывание. После этого вынимают из патрона сверло и [illegible] его место устанавливают сверла для получения отверстий других диаметров. Записывают фактический размер на нониусах лимбов маховичков продольного и поперечного перемещения стола станка, затем вращают маховичок, перемещают стол с заготовкой матрицы (см. рис. 83, *б*) на размер $L$ до центра отверстия $D_1$ и сверлят в нем технологическое отверстие $D_2$ (для прохода оправки с резцом). Вращая маховички продольного и поперечного перемещения стола, по нониусам лимба отсчитывают размеры $L_1$, $L_2$, $n$ и $n_1$, сверлят отверстия $D_3$, $D_4$, и $D_5$. После этого из конуса шпинделя *7* вынимают сверлильный патрон и устанавливают в него конус *8* расточной головки *9*, проверяют крепление резца *14* [illegible] оправке *12* винтом *10*. Винтом *10* освобождают от зажима ползун *11*, устанавливают по нониусу головки *9* и шкале ползуна *6* заданный размер резца *14* и приступают к растачиванию центрального отверстия диаметром $D_1$, заготовки матрицы *5* [illegible] следующей последовательности: вначале растачивают небольшое отверстие небольшого произвольного диаметра, затем постепенно перемещая ползун *6*, закрепляют его винтами *10*, увеличивают диаметр отверстия до тех пор, пока не останется припуск 2—3 мм на чистовую обработку отверстия диаметром $D_1$. После этого освобождают винты *10*, зажимающие ползун *6*. Вращая микрометрический винт *11*, устанавливают по нониусу головки *9* и шкале ползуна *6* заданный размер резца *14* и окончательно растачивают центральное отверстие диаметром $D_1$, при этом периодически проверяют его с помощью индикаторных приборов или контрольных калибров.



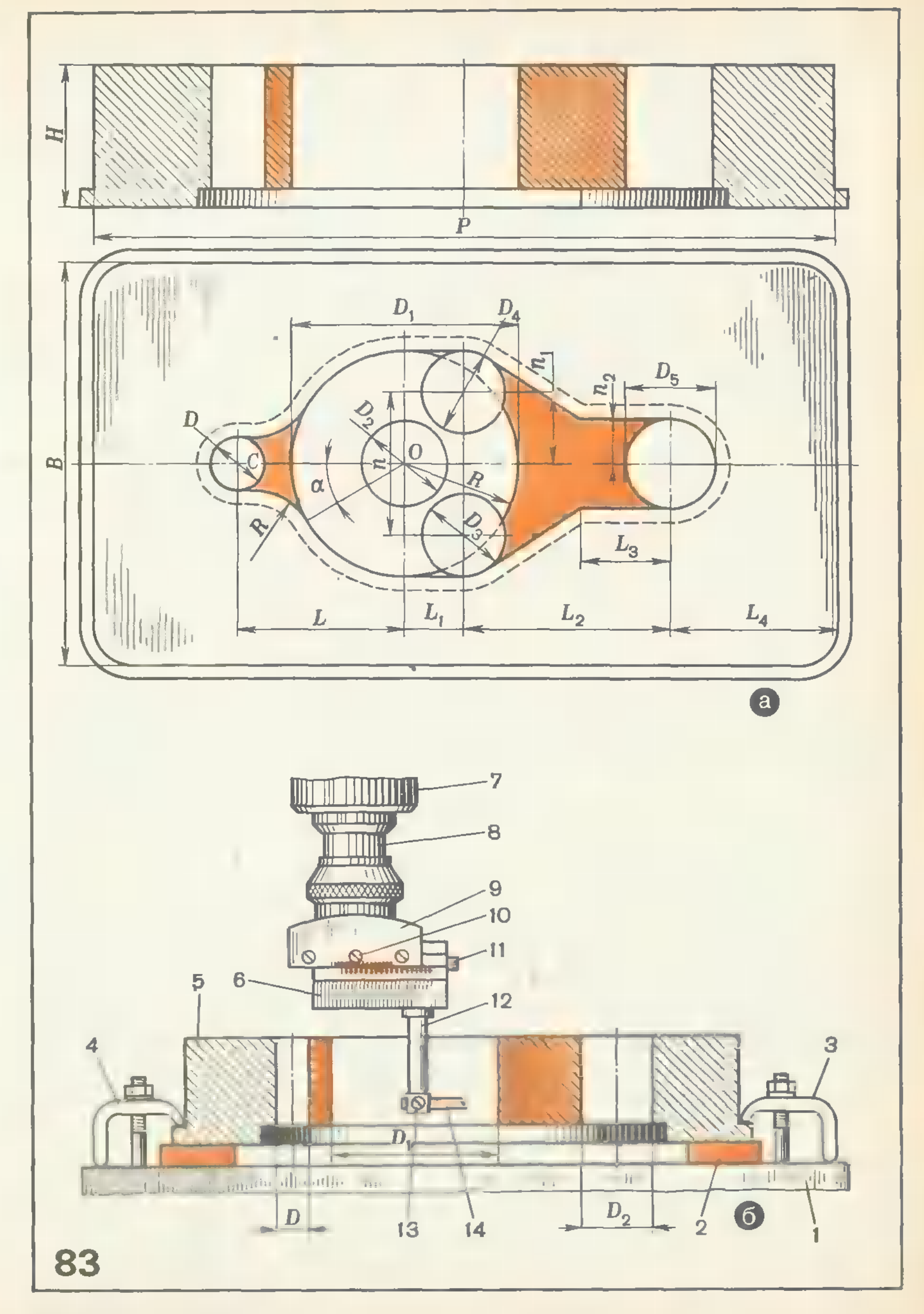



**Рис. 83.** Осуществление операции растачивания трех сопряженных отверстий: [illegible] – деталь; *б* — приемы растачивания

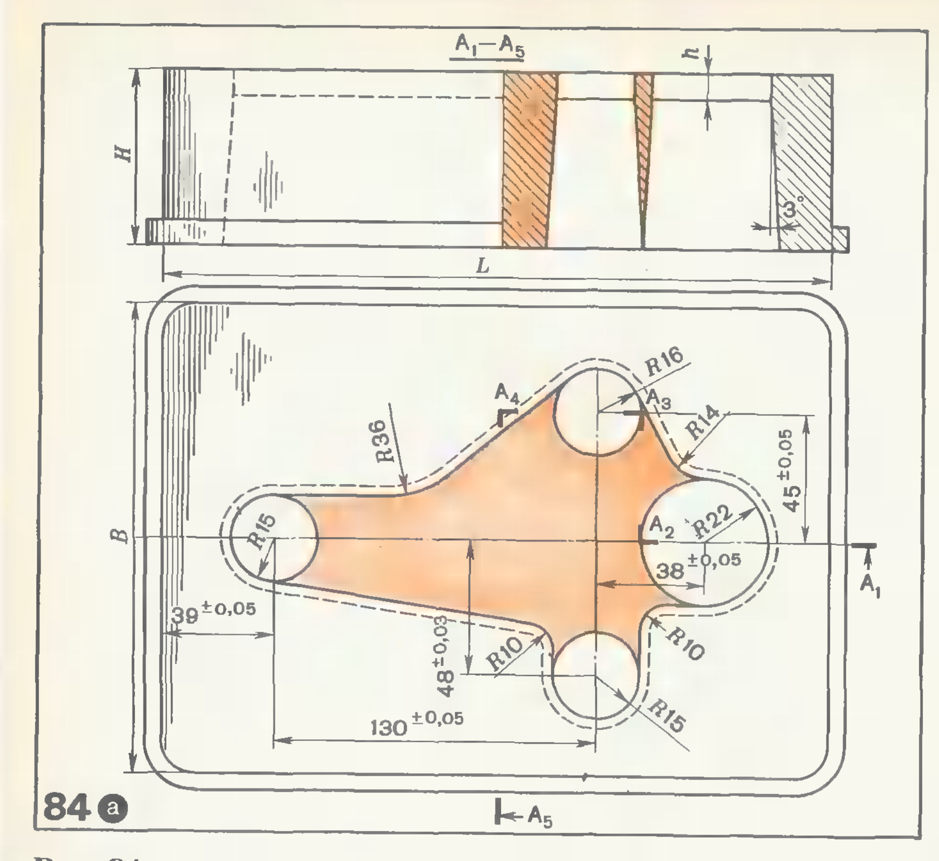
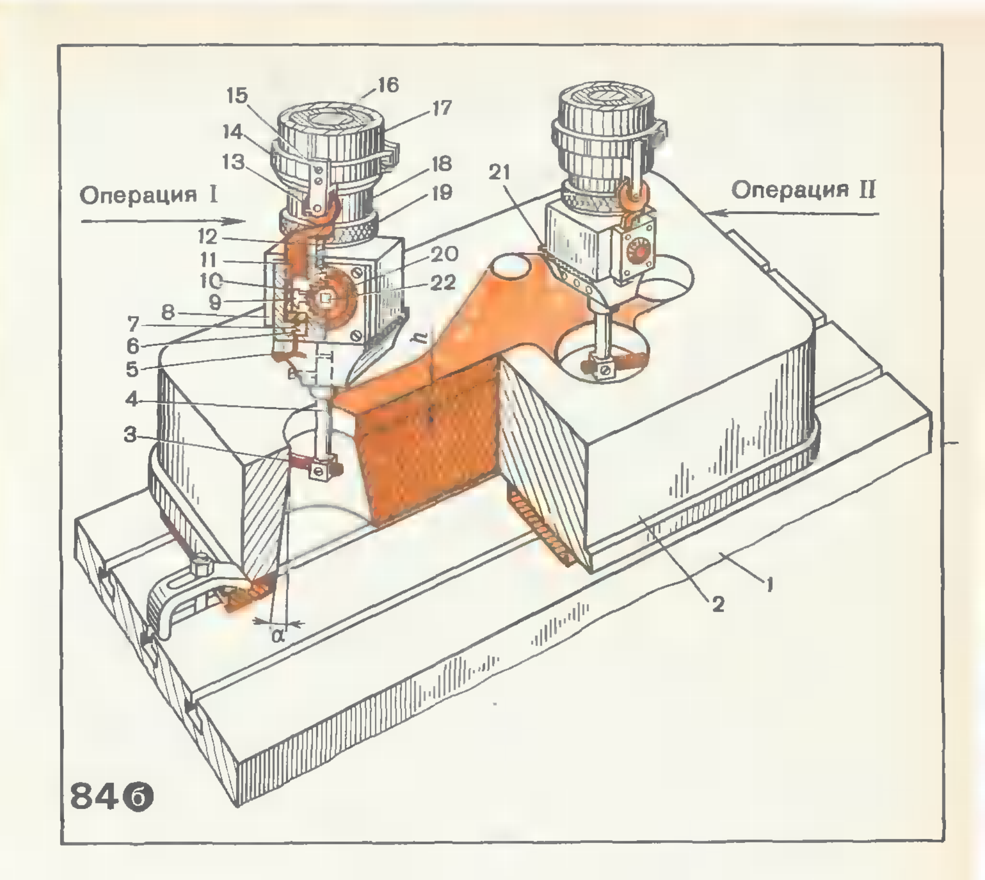



**Рис. 84.**

**Обработка матрицы**

[redacted] - профиль матрицы; [redacted] — приемы растачивания отверстий с помощью автоматической расточной головки




Убедившись, что отверстия [redacted] заготовке матрицы расточены правильно, на фрезерном станке по разметке фрезеруют радиусы $R$, сопряженные с отверстием $D_1$, и наклонные поверхности до размера $L_3$ на высоту $n_2$, сопряженные с отверстием $D_5$, оставляя припуск 0,05—0,1 мм для слесарной обработки.

Рассмотрим пример растачивания четырех отверстий [redacted] оформляющем контуре матрицы штампа (рис. 84, *а*). За базовые поверхности приняты наружные прошлифованные поверхности $L$, $B$, $H$, от которых определяют все размеры внутреннего оформляющего контура матрицы при составлении технологического процесса [redacted] обработки.

Обработка таких матриц обычными способами, например растачиванием отверстий, включает две операции: растачивание цилиндрического отверстия, а затем конического; при такой обработке матриц затрачивается много труда и времени.



[redacted] настоящее время разработано и внедрено в производство простейшее универсальное приспособление для одновременного растачивания отверстий и конуса [redacted] матрицах (рис. 84, *а*, *б*), которое устанавливают на координатно-расточном станке.

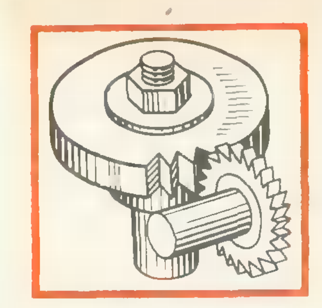
Рассмотрим настройку приспособления (рис. 84, *б*, операции *I* и *II*). На выдвижной шпиндель *17* расточного станка устанавливают автоматическую расточную головку *8* (цельнометаллическая, квадратная), закрепив [redacted] хвостовик *16* зажимным кольцом *19*. На нижней части подвижного цилиндра *18* закрепляют ограничительное кольцо *14* с роликодержателем *15* и роликом *13*. [redacted] нижней части головки *8* имеется паз, по которому перемещается суппорт *21* с оправкой *4* и резцом *3*. [redacted] головке *8* вмонтировано автоматическое устройство с ползуном *11*, предназначенное для периодического перемещения суппорта *21* с оправкой *4* и с резцом *3*.

После растачивания цилиндрического отверстия [redacted] матрице *2* [redacted] высоту *h* по вертикальному нониусу подачи шпинделя опускают подвижный цилиндр *18* с кольцом *19* и роликом *13* до соприкосновения его с выступающей частью ползуна *11*, который, [redacted] свою очередь, перемещаясь вниз по пазу распределительной планки, сжимает спиральную

пружину *12* и давит на стержень *6*, сжимает спиральную пружину *7* и пластинчатую скобу-пружину *5*. Когда цилиндр *18* с хомутиком *14* и роликом *13* поднимается вверх, пружины, разжимаясь, автоматически возвращают ползун в исходное положение. При каждом обороте шпинделя ролик *13*, касаясь наклонной поверхности ползуна *11*, перемещается вниз и тянет за собой подпружинный грибкообразный фиксатор *9*, имеющий один-два зуба, находящиеся в зацеплении с шестеренкой *10*. Последняя поворачивается на определенный угол и сообщает поступательное движение суппорту *21*. При обратном ходе ползун *11*, касаясь сферы фиксатора *9*, сжимает пружину *12*, и зуб проскальзывает относительно зубьев шестеренки *10*. После окончания первого прохода или всей обработки матрицы *2* резец *3* возвращается в исходное положение. Для этого скобу-пружину *5* отводят в сторону, опускают вниз ползун *11*, и вращением микровинта *22* с диском *20* возвращают суппорт *21* в первоначальное положение.

Такую головку можно применять на станках, у которых имеется подвижный цилиндр. Для использования ее на других станках необходима их частичная модернизация.

Установив матрицу в требуемое положение, в конус шпинделя координатно-расточного станка вставляют цилиндрическую фрезу и выфрезеровывают по разметке отверстия, радиусы которых $R = 15$, 16, 22 мм с учетом припуска 1—2 мм на окончательную обработку. Затем фрезу снимают и вставляют конус *16* расточной автоматической головки *8*, закрепляя его гайкой *19*. При этом хомутик *14* с роликодержателем *15* и роликом *13*, закрепленный на шпинделе, предварительно устанавливают на заданную высоту *h*. Затем автоматическую расточную головку *8* (операция I) с резцом *3* устанавливают на заданный размер $R = 15$ мм и приступают к растачиванию отверстия. Как только резец *3* обработает цилиндрическое отверстие на высоту *h*, ролик *13*, коснувшись ползуна *11*, опустит его вниз (рис. 84, *б*, операция I), ползун *11* толкает фиксатор *9*, а он, в свою очередь, имея зацепление с шестеренкой *10*, установленной на микровинте *22*, перемещает суппорт *21* с оправкой *4* и резцом *3*, что обеспечивает растачивание отверстия под углом $\alpha$. Закончив растачивание одного отверстия, приступают к другому отверстию и, не меняя установку резца *3*, с помощью маховичков продольного и поперечного перемещения стола станка стол *1* с матрицей *2* устанавливают на размеры $130 \pm 0{,}05$ мм и $48 \pm 0{,}03$ мм (рис. 84, *б*, операция II) и приступают к растачиванию отверстия радиусом 15 мм. Затем в автоматической расточной головке переставляют резец *3* на размеры $R = 16$ мм и $R = 22$ мм и растачивают отверстия таким же способом, который был описан выше.



Глава 3

# ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ НА ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ

## § 1. Организация рабочего места фрезеровщика и его оснащение

Фрезерные станки общего назначения делятся на вертикально-фрезерные, горизонтально-фрезерные (с неповоротным столом) и универсально-фрезерные (с поворотным столом). На базе вертикально-фрезерных станков выпускают копировально-фрезерные станки, станки с программным управлением и др.

Стол с салазками консольно-фрезерных станков перемещается в трех направлениях: продольном, поперечном и вертикальном.

Детали штампов и пресс-форм на консольно-фрезерных станках можно обрабатывать цилиндрическими, торцовыми, концевыми, дисковыми, угловыми, фасонными и другими фрезами.

На рис. 85, *а* изображен общий вид вертикально-фрезерного станка 6М12П. Включение вращения шпинделя *15* осуществляется с помощью кнопки, расположенной на левой стороне станины *1*.

Переключение шпинделя на требуемую частоту вращения производят рукояткой *6*, ориентируясь по стрелке указателя частоты вращения шпинделя. Направление вращения шпинделя изменяют переключателем *32*. Шпиндель *15* смонтирован на поворотной головке *10* (рис. 85, *б*, *в*). Поворотная головка *10* представляет собой чугунный корпус с двумя поперечными перегородками. В корпусе головки смонтирована гильза шпинделя *35*, а в поперечных перегородках — подшипники предшпиндельного вала.

Шпиндель установлен на роликовом подшипнике с конической внутренней обоймой и на двух шариковых радиально-упорных подшипниках, что обеспечивает высокую точность. Смазка подшипников шпинделя осуществляется от насоса коробки скоростей, уровень смазки контролируют через глазок *2*. Гильзу шпинделя можно перемещать от руки с помощью маховичка *13* и выверять по нониусу *12* или индикатору, для чего на передней стороне головки имеется кронштейн для крепления. С левой стороны головки расположена рукоятка *14* зажима гильзы шпинделя *35*. Головку можно поворачивать вправо и влево на угол 45°. Поворотная головка *10* закреплена на основании болтами. Для установки шпинделя в нулевое положение в корпусе головки предусмотрен ко-

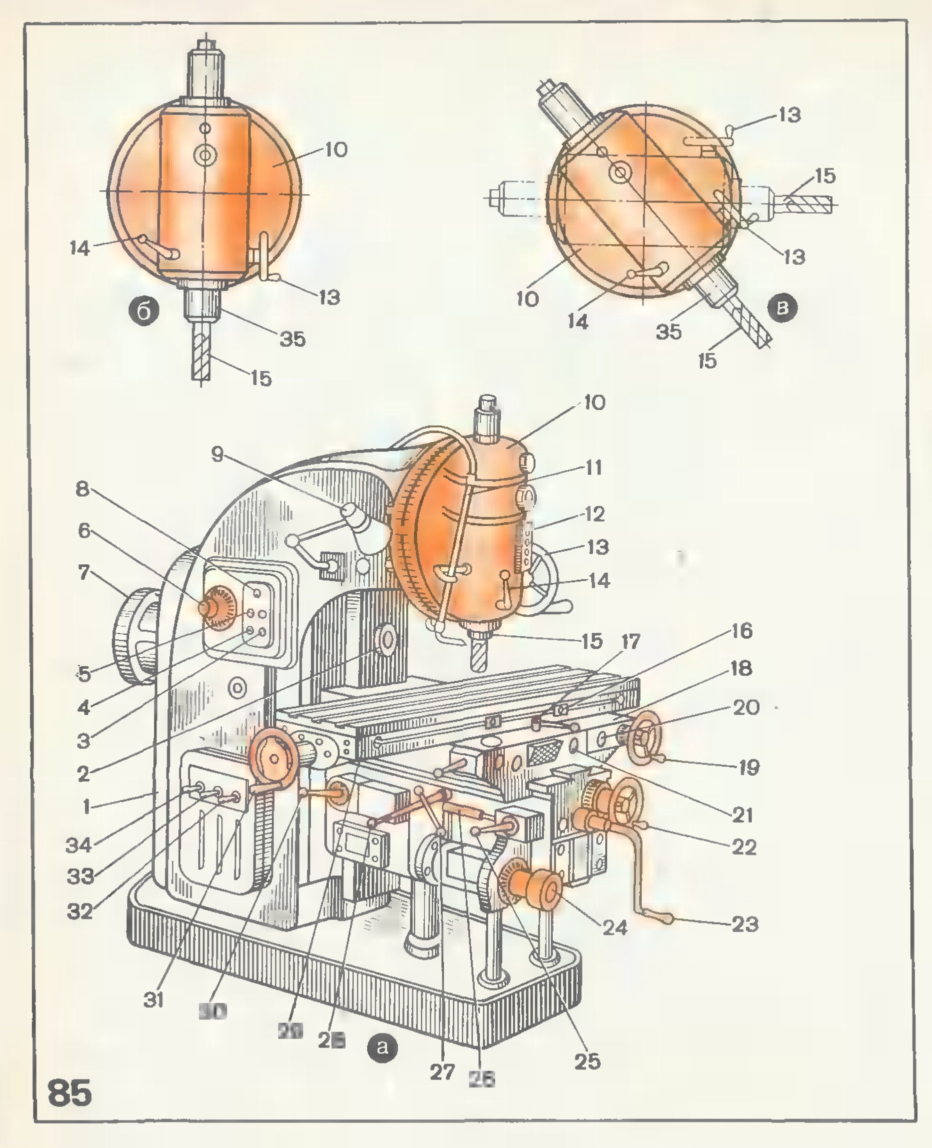



**Рис. 85.**
**Вертикально-фрезерный станок 6М12П**

нический фиксатор. Коробка скоростей и коробка подач шпиндельной головки включаются кнопками *3*, *4* и *5* или переключателем *32* (дублирующий). Включение освещения станка (лампы *9*) осуществляется кнопкой *8*. Ручное перемещение стола *29* осуществляется с помощью рукоятки *26*, переключение подач — с помощью грибка *24* и лимба пере-



ключения подач. Включение продольной подачи стола осуществляется рукояткой *17* или *28* (дублирующей).

Включение вертикальной и поперечной подач стола производят рукояткой *25* или *30* (дублирующей). Для настройки станка на автоматические циклы перемещения стола используют упоры *16*, а для быстрого перемещения стола в продольном, поперечном и вертикальном направлениях кнопки *3* или *21* (дублирующая). Ручное перемещение стола в продольном направлении осуществляется маховичком *19* или *31* (дублирующим), а в поперечном — маховичком *22*; ручное вертикальное перемещение стола — рукояткой *23*. Стол *29*, смонтированный на салазках и консоли, перемещается вверх и вниз автоматически по трем цилиндрическим стойкам, а при необходимости его крепят рукояткой *27*. При нажатии на кнопку *20*, расположенную на передней части салазок *18*, происходит отключение электродвигателя *7* от сети и остановка шпинделя. Пуск станка осуществляют переключателем *33*, а включение насоса с охлаждающей жидкостью, проходящей по трубке *11*, — переключателем *34*. Для защиты от стружки поворотная головка вертикально-консольно-фрезерного станка имеет защитный экран, изготовленный из органического стекла (плексигласа) толщиной 6—8 мм.

Прежде чем приступить к работе, фрезеровщик обязан тщательно смазать трущиеся части салазок *1*, стола *2*, станины *3* и др. После чего жестко закрепить в шпинделе головки *4* фрезу *8*. Затем слегка приподнять две рамки *6*, шарнирно соединенные с экраном *7*, и закрепить их с двух сторон винтами в таком положении, чтобы экран закрывал фрезу *8* (рис. 86).

На фрезерном станке можно использовать другую конструкцию защитного экрана с магнитной подставкой (рис. 87). Защитный экран *6* крепят к подставке *2* с помощью шарнирной вилки *4* и винта *3*. В подставку вмонтирован постоянный оксидно-бариевый или литой магнит, обеспечивающий прижатие ее к столу *1* с силой 6 кгс. Экран на магнитной подставке можно установить в любом удобном месте стола при обработке детали *8*, закрепленной в тисках *5*.

Во избежание налипания мелкой стружки к магнитной подставке последнюю закрывают кожухом. В зависимости от размеров заготовок иногда ограждают всю поверхность стола для защиты рабочего от отлетающей стружки и брызг смазочно-охлаждающей жидкости.

Рассмотрим некоторые горизонтально-фрезерные станки. В универсальных горизонтально-фрезерных станках рабочий стол, помимо перемещений, указанных в вертикально-фрезерных станках, может еще поворачиваться вокруг вертикальной оси на угол до 45° в обе стороны.

На рис. 88, *а*, *б* изображен универсальный фрезерный станок с накладной вертикальной головкой, установленной на передней части хобота станины *19*. При работе на станке нужно в первую очередь включить кнопку *17* электролампы *3* освещения стола *12*, если общее освещение недостаточно, и электродвигатель станка. Затем с помощью рукоятки *15* переключения подач опускают стол *12* и устанавливают рукоятку *14* на холостой ход стола; после этого, вращая руками маховички *13* и *16*, устанавливают стол в среднее положение. Вращая рукоятку *18*, хобот *1* устанавливают в такое положение, чтобы он выходил

4–911

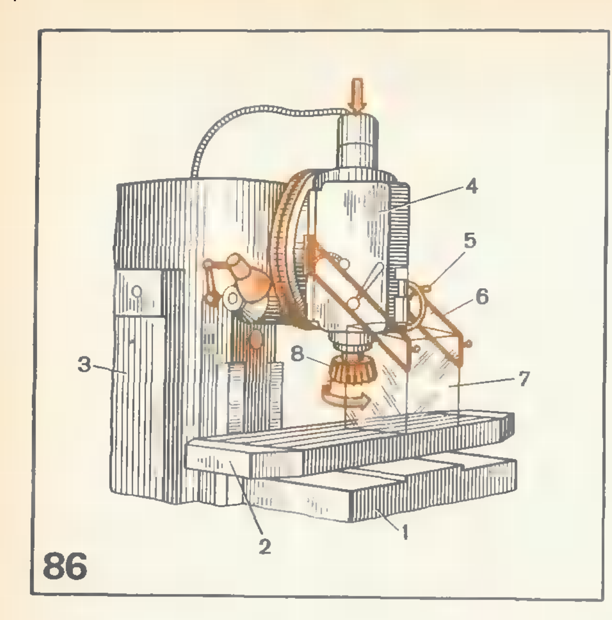
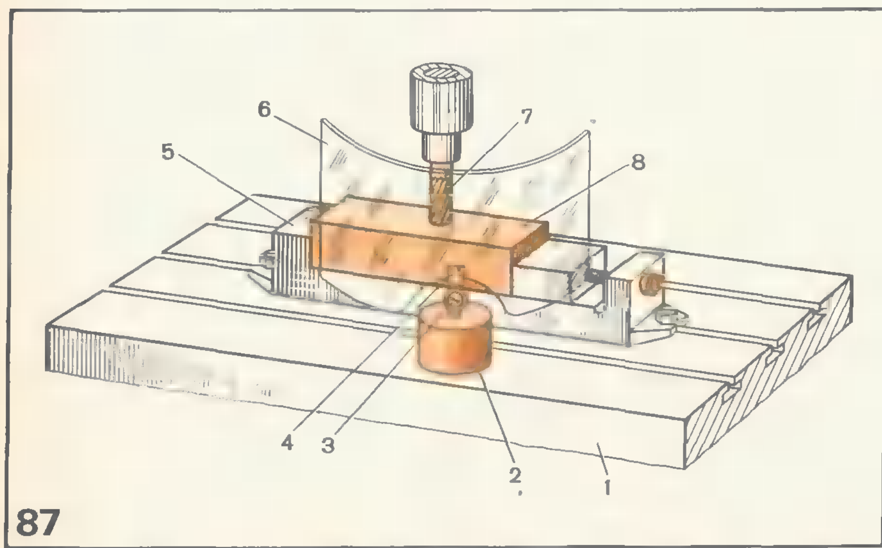



**Рис. 86.**
Поворотная головка вертикального консольно-фрезерного [redacted] [redacted] защитным экраном

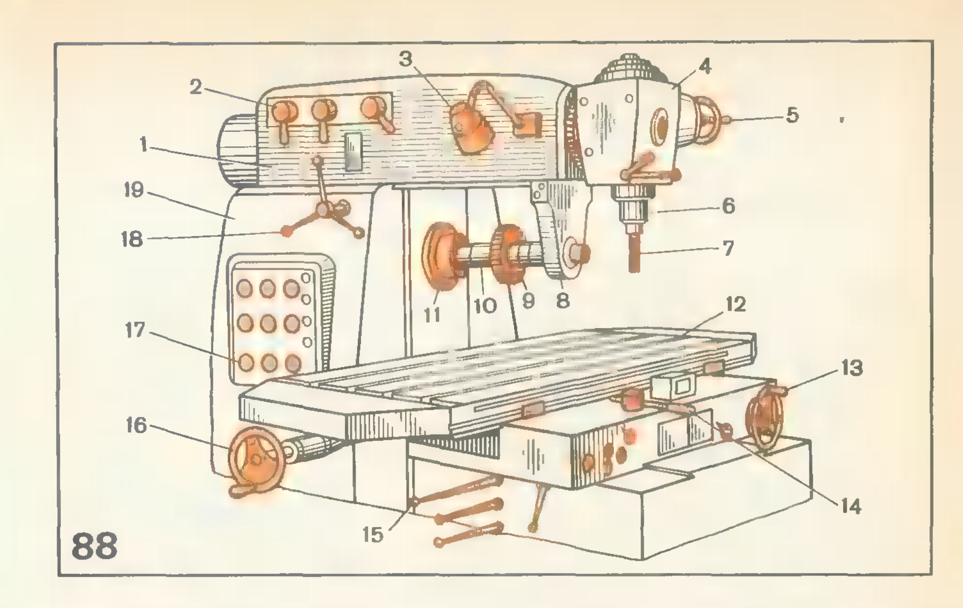
**Рис. 87.**
Настольный защитный экран с магнитной подставкой

**Рис. 88.**
Универсальный фрезерный [redacted] [redacted] накладной вертикальной головкой




за пределы стола. В шпиндель *11* конусом вставляют оправку с набором установочных колец *10* и фрезой *9*, [redacted] другим концом в отверстие (с подшипником) подвески. Убедившись, что оправка с фрезой *9* точно установлена в шпинделе *11* и в подвеске *8*, закрепляют рукоятками *2* хобот *1* и болтами подвеску *8*. Затем [redacted] торцовой части хобота *1* прикладывают вертикальную головку *4* и закрепляют ее болтами с двух сторон. Слегка вращая маховичок *5*, опускают шпиндель *6* вертикаль-






ной головки *4*, вставляют в него концевую фрезу *7* и приступают [redacted] установке на стол *12* станка приспособлений или тисков с деталью.

Для защиты от брызг смазочно-охлаждающей жидкости [redacted] стружки работающего за станком применяют защитные ограждения, при отсутствии которых работать на станке категорически запрещается. Для защиты глаз от ранений и ожогов горячей стружкой применяют различные защитные средства: защитные очки, индивидуальные щитки, специальные кожуха, изолирующие работу фрез и др.

Крупногабаритные или тяжелые детали обрабатывают на вертикально-фрезерных станках с крестовым столом (бесконсольных), у которых стол расположен на неподвижной станине [redacted] может перемещаться в продольном и поперечном направлениях.

Станок (рис. 89) состоит из неподвижной станины *1*, на которой смонтирован стол *4*. С задней стороны станины имеется колонна *6* с направляющими, на передней части которых перемещается с помощью автоматического устройства или маховичка *9* шпиндельная головка *8* с электродвигателем *7*. В шпинделе головки *8* установлена торцовая фрезерная головка *10*, [redacted] сзади стола на станине — пульт управления *5* и электрошкаф *11*. На передней части станины имеются два маховичка *2* [redacted] *3* для ручной подачи продольного и поперечного перемещения стола *4* и две рукоятки *12* для включения автоматической подачи стола и перемены скоростей.

На всех станках применена единая следящая система. [redacted] этой системе использован электроконтактный датчик, команды которого через реле поступают на электромагнитные муфты подач.

Широкое распространение получили копировально-фрезерные станки, консольно-фрезерные станки с программным управлением, которые выпускаются на базе универсально-фрезерных станков. На них обраба-

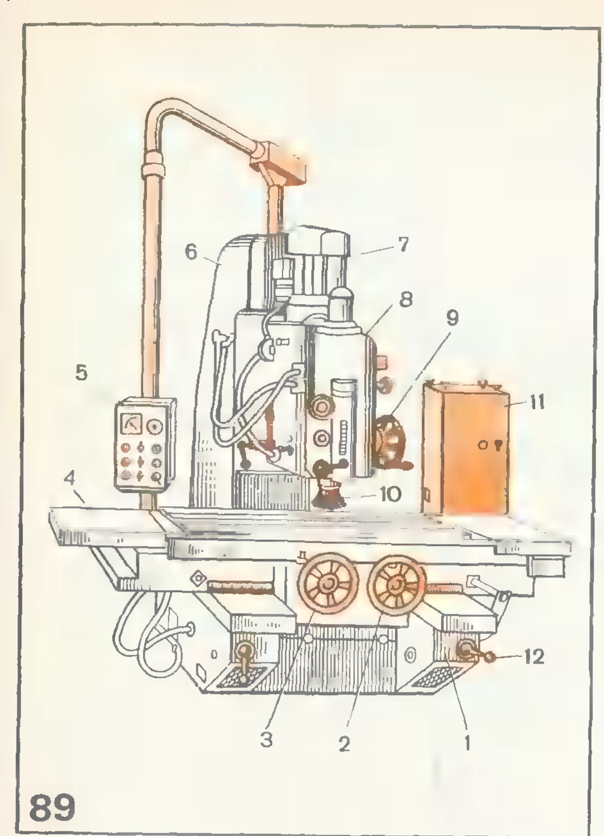



**Рис. 89.**
**Общий вид бесконсольного станка** [illegible]

**Рис. 90.**
**Вертикально-фрезерный консольный станок 6Р13Ф3 с ЧПУ**

тывают детали сложной конфигурации, например штампы, пресс-формы, лопатки турбин, обычно концевыми фрезами.

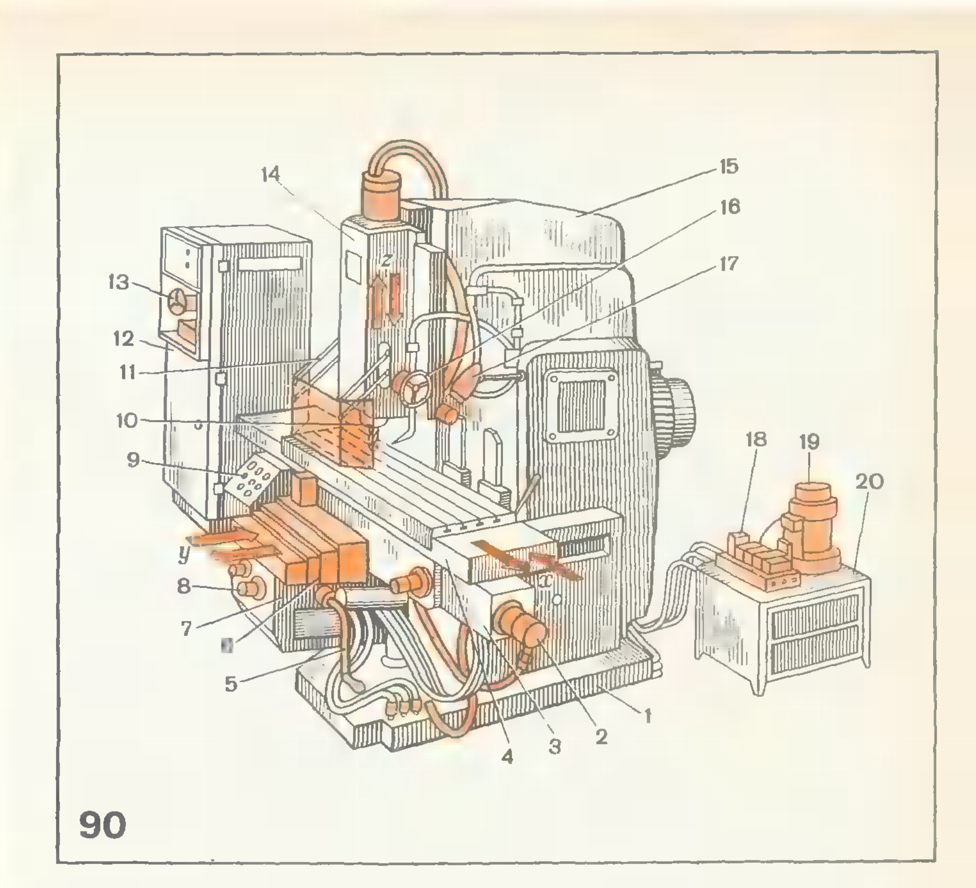
В таких станках управление рабочими органами в процессе обработки сложных сопряженных профилей деталей производится автоматически по заранее разработанной программе, без непосредственного участия рабочего. Переналадка станков для обработки другой детали сложна, поэтому их выгодно использовать лишь в мелкосерийном производстве.

Программное управление позволяет автоматизировать процесс обработки детали, повысить производительность, культуру производства и качество обрабатываемых деталей.

На рис. 90 изображен вертикально-фрезерный консольный станок 6Р13Ф3 с числовым программным управлением. Станок предназначен для обработки концевыми и радиусными фрезами деталей сложных профилей (штампы, пресс-формы, кулачки, копиры и др.).

Обработка пространственно-сложных фасонных профилей поверхностей достигается сочетанием движения стола станка с обрабатываемой заготовкой в горизонтальной плоскости по двум координатам ($X$ — в продольном, $Y$ — в поперечном направлениях) и вертикального






перемещения $Z$ шпиндельной головки с режущими инструментами. Станок снабжен серийно выпускаемым устройством (пультом) ЧПУ типа 2ПТ-71/3.

Станок по внешнему виду напоминает универсальные вертикально-фрезерные станки. Станок состоит из основания *1*, на котором смонтирована колонна *15* и консоль *7* с салазками *3* и столом *4*. Продольное перемещение стола *4* по оси $X$ осуществляется от редуктора *2*, установленного на правом торце салазок *3*, с помощью передачи винт—гайка качения. Поперечное перемещение салазок *3* со столом *4* по оси $Y$ в пределах 200 мм осуществляется от редуктора *6*, смонтированного на верхней части консоли *7*.

Вертикальный подъем и опускание консоли и салазок со столом производится автоматически нажатием кнопки *8* и вручную рукояткой *5*. Вертикальное перемещение шпиндельной головки *14* по оси $Z$ в пределах 150 мм осуществляется нажатием кнопок на электрощите *9* пульта управления станка или маховичком *16*. На передней части шпиндельной головки *14*, на боковых ее сторонах закреплены две стойки с проушинами, в которые вставлены по две планки *11*, шарнирно соединенные с защитным экраном. С левой стороны станка установлен шкаф

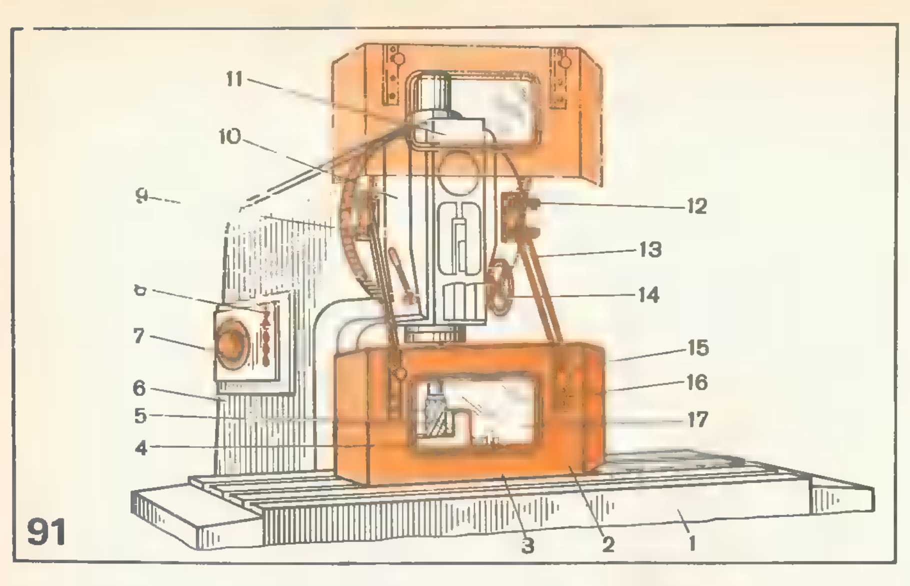



**Рис. 91.**
**Вертикально-фрезерный станок 6Р13 с подъемно-установочным щитком**

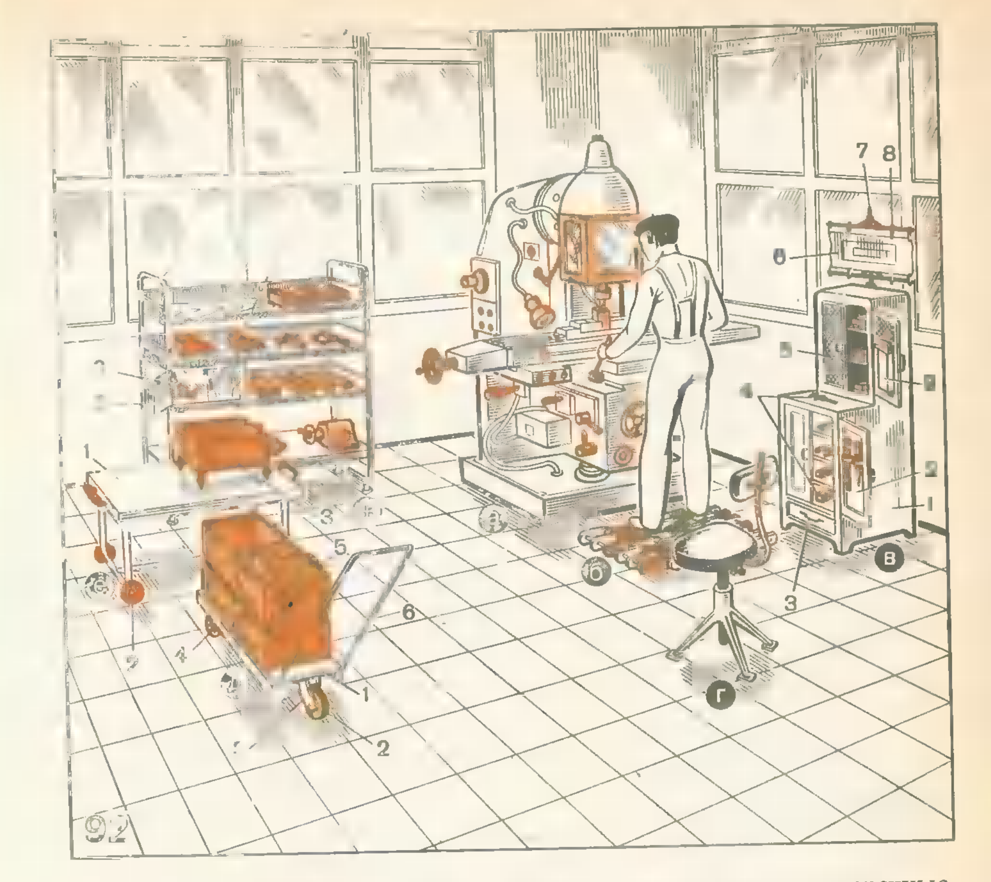



**Рис. 92.**
**Интерьер фрезерного участка**
*а* — вертикально-фрезерный станок; *б* — подставка для ног; *в* — тумбочка для хранения инструмента; *г* — подъемно-поворотный стул; *д* — транспортная тележка; *е* — передвижной стол; *ж* — стеллаж для хранения крепежного инструмента

*12*, в котором находится пульт типа 2ПТ-71/3 с катушкой *13*, а с правой стороны станка (сзади колонны) установлена тумбочка *20* с электродвигателем *19* и насосом *18* для подачи охлаждающей жидкости. Стол освещается лампой *17*. Режущий инструмент (фреза) крепится в шпинделе *10* с помощью механизма зажима, вмонтированного в верхней части головки.

На рис. 91 изображен вертикально-фрезерный станок 6Р13 и с подъемно-установочным щитком, закрепленным на поворотной шпиндельной головке, смонтированной на колонне 6.

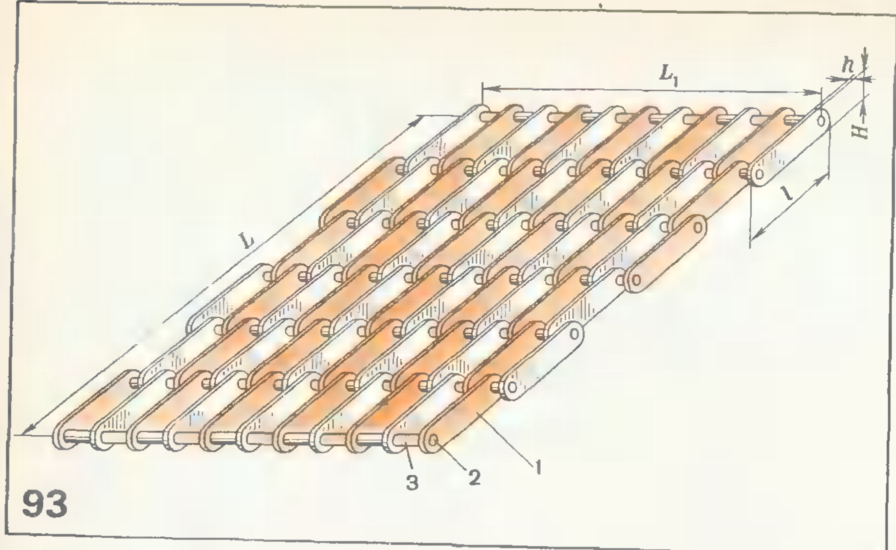
При подготовке станка к работе необходимо в первую очередь проверить автоматические устройства и числовое программное управление станка, затем на стол *1* станка укладывают заготовку *4* и закрепляют ее прижимами *3*. После этого слегка отворачивают винты *9* и *12* и освобождают от зажима четыре квадратные металлические рейки *13* (кронштейны), шарнирно соединенные осями с проушинами пластин *16*, закрепленных на щитке *2* экрана. Опускают щиток *2* на стол *1* в такое положение, чтобы экран *17* находился напротив обрабатываемой детали *4*, и закрепляют щиток винтом *15*. Затем вращая (от руки) лимб *7*, по его шкале устанавливают скорость резания, после чего пальцем левой руки нажимают кнопку *8* системы управления станка и включают станок. Вращая рукой маховичок *14*, опускают ползун *11* шпиндельной головки *10* с фрезой *5* и фрезеруют профиль детали *4*.

В этом случае шаговые двигатели управляют лишь поворотами крановых золотников гидравлических усилителей, которые приводят во вращение ходовые винты, перемещающие продольные и поперечные салазки, и шпиндельную головку станка.

Рациональная планировка фрезерного участка и правильная организация рабочего места фрезеровщика, постоянное поддержание его в должном порядке, обеспечение необходимым инструментом и приспособлениями составляет характерную особенность передовых методов работы.

На рис. 92 показана типовая планировка фрезерного участка инструментального цеха. С правой стороны между двух окон на определенном расстоянии от них установлен фрезерный станок (рис.92, *а*) так, чтобы естественный свет, поступающий из окон, падал на обрабатываемую заготовку. Под ногами фрезеровщика имеется сборная решетчатая подставка (рис. 93). Пластинки *1* подставки изготовлены из цветной пластмассы и собраны в звенья на резьбовых металлических прутках *2*. Между каждой пластинкой на прутке надеты пластмассовые втулки *3*.

Пластинки размером $l \times H \times h$ прессуют в пресс-форме из цветных отходов пресс-порошка. Габаритные размеры подставки ($L \times L_1$) выбирают в зависимости от длины станков. Подставка очень удобна в эксплуатации, легко сворачивается при уборке стружки около станка.



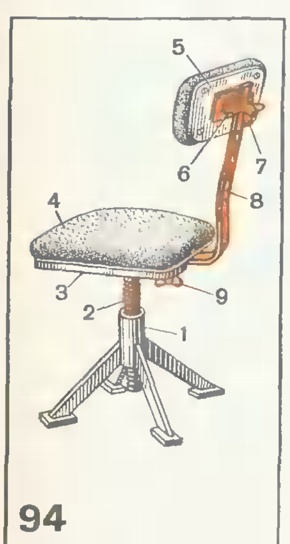




**Рис. 93.**
**Подставка для ног**

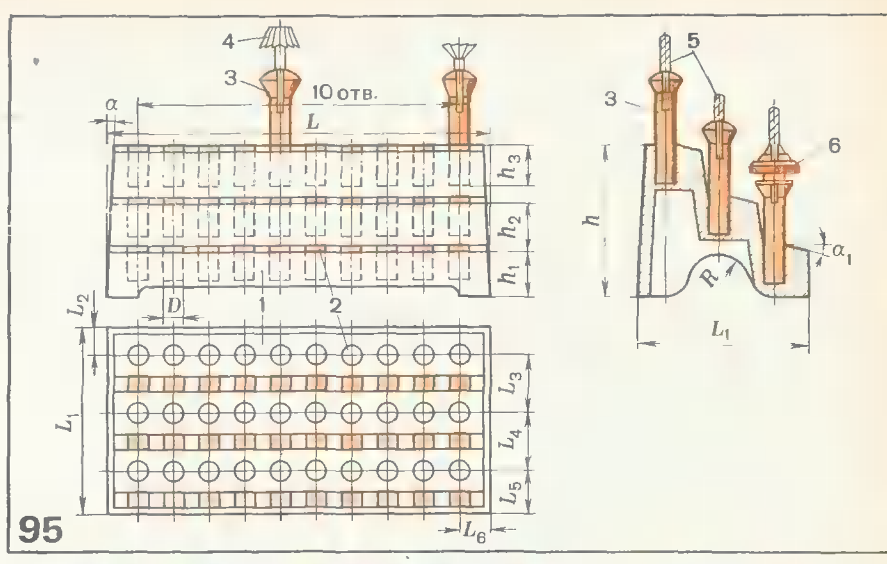
**Рис. 94.**
**Подъемно-поворотный стул**

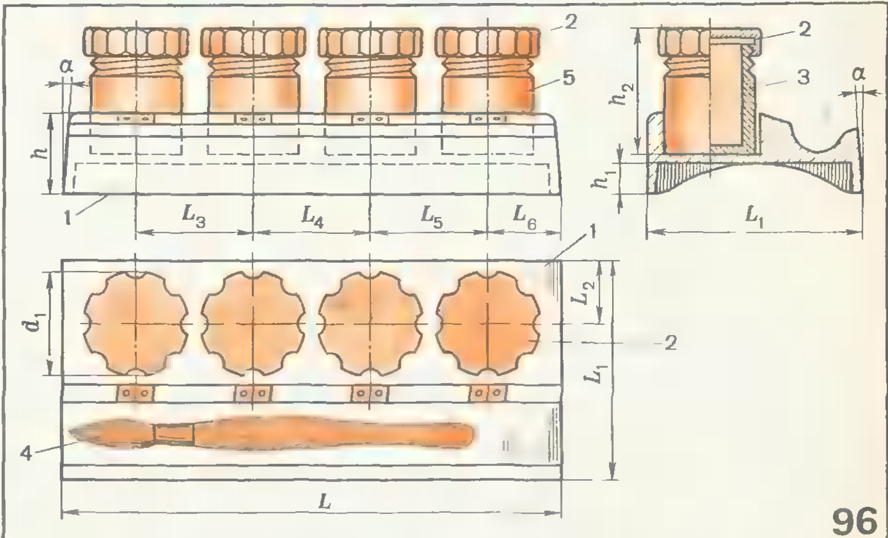
**Рис. 95.**
**Стойка для установки цанг**

**Рис. 96.**
**Тара для хранения смазочных материалов**

С правой стороны, у окна, установлена тумбочка *1* (см. рис. 92, *в*) с набором инструмента *4* и приспособлений. В нижней части тумбочки имеется выдвижной ящик *3* и две дверки *2*. С внутренней стороны дверок закреплены алюминиевые гофрированные пластинки в виде гнезд, в которых хранят шабера и напильники. Верхняя часть тумбочки также закрывается сетчатыми дверками *5*. На левой дверке с внутренней ее стороны закреплен ящик *9* для хранения документации. На каркасе тумбочки сзади закреплено приспособление с подъемно-выдвигающимися трубками *7* и прищепками *8* для крепления на них рабочих чертежей *6*.






Для кратковременного отдыха сзади фрезеровщика, около подставки для ног имеется подъемно-поворотный стул (рис. 94). Стул имеет цельнометаллическую алюминиевую четырехопорную ножку *1* с цилиндрическим выступом, в котором нарезана двухзаходная трапецеидальная резьба, в которую ввернут винт *2*. Винт, в свою очередь, приварен к металлической пластине *3* (сиденью). На металлической пластине уложены фанерные и паралоновые листы, которые обшиты дермантином *4*. Снизу у сиденья стула, в центре металлической пластины имеется паз, по которому перемещается стойка *8* спинки стула. Стойку стула можно закреплять гайкой-барашком *9*. По стойке *8* перемещается

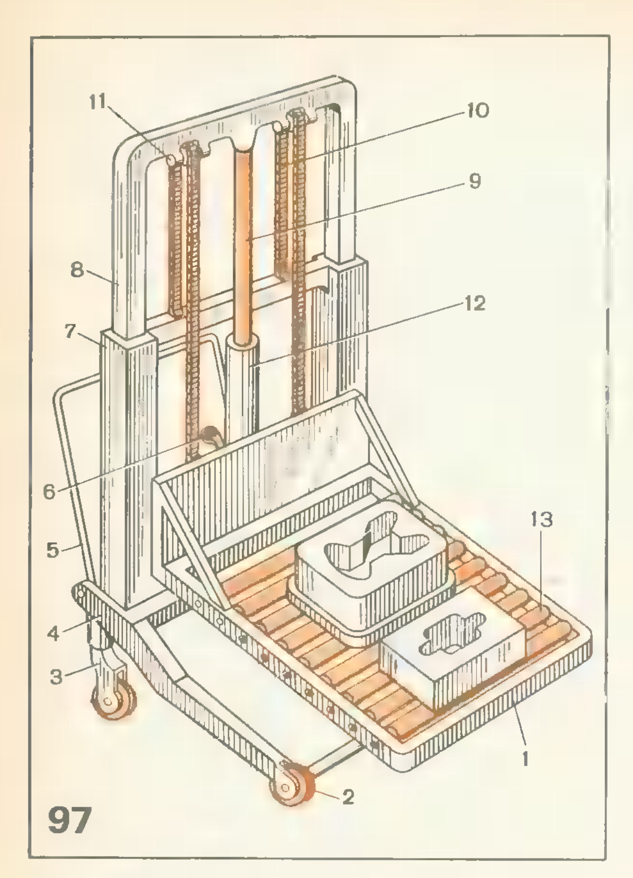



**Рис.** [illegible]
**Подъемно-**[illegible]

вверх — вниз хомутик *6* и закрепляется гайкой-барашком *7*. Хомутик припкреплен [illegible] спинке стула *5*.

Для удобства транспортировки заготовок или изделий [illegible] таре *5* у рабочего имеется трехколесная тележка (см. рис. 92, *д*). Рама *1* тележки сварная из стального уголка 36×36 мм, [illegible] платформа покрыта листовой сталью. В нижней части поворотной вилки *3* установлено одно резиновое колесо *2*, а сзади тележки — два колесика *4*. Для удобства транспортировки на передней части рамы приварена трубчатая ручка *6*.

С левой стороны параллельно станку установлен передвижной стол *1* (см. рис. 92, *е*) на четырех колесиках *2*, предназначенный для укладки на него тары *3* с заготовками или готовыми изделиями.

Слева от станка, около окна, установлен металлический стеллаж *1* (см. рис. 92, *ж*) с четырьмя полочками и щитками *2*. На двух верхних полочках укладывают мелкий инструмент *4*. На третьей полочке слева имеется металлический ящик, предназначенный для хранения тары и масленок *6* со смазывающей жидкостью; ящик плотно закрывается дверками *5*. Справа на полочке хранятся призмы и параллели. На нижней полочке размещают тяжелые приспособления, делительные фрезерные головки, поворотные столики и др.



На рис. 95 показана настольная трехступенчатая пустотелая стойка *1* (коробка). На каждой ступеньке имеются симметрично расположенные отверстия *2*, [illegible] которые вставляют цанги *3* и оправки *6* с фрезами *4* и сверлами *5*. Стойку прессуют из отходов пресс-порошка. Ступеньки у стойки должны быть выполнены под углом $\alpha_1$ в размер $h_1$, $h_2$ и $h_3$, [illegible] размеры $L_2$, $L_3$, $L_4$, $L_5$ и $L_6$ между отверстиями стойки должны быть выполнены симметрично на ступеньках всех стоек, чтобы было удобно брать руками цанги. Боковые стороны стойки наклонены под углом $\alpha = 1 \div 2°$.

На рис. 96 показана другая конструкция настольной пластмассовой коробки *1* с четырьмя гнездами, предназначенными для установки стаканчиков *3* со смазывающей жидкостью. В желобе коробки расположена кисть *4*. Наружные размеры $L$, $L_1$ и $h$ коробки выполнены на конус под углом $\alpha = 1 \div 2°$. Расстояние между центрами гнезд $L_3$, $L_4$, $L_5$ и $L_6$ выполняют по диаметру стаканчика. Стаканчик *3* имеет резьбу и геометрически закрывают крышкой *2* с резьбой.

Для удобства транспортировки заготовок штампов и пресс-форм массой до 150 кг на рабочее место фрезеровщика применяют транспортную трехколесную гидравлическую тележку (рис. 97) с подъемной рольганговой платформой.

Нижняя рама *4* тележки и стойки *7*, *8* — сварные. По внутренним обработанным квадратным отверстиям стойки *7* перемещается подвижная стойка *8*. При нажатии ногой педали *6* шток *9* с помощью поршневого цилиндра *12* поднимает или опускает ползун, [illegible] цепи Галя *10*, закрепленные на неподвижной стойке *7*, проходя через проушины *11* подвижной стойки *8*, поднимают или опускают платформу *1*. Рама платформы сварная. [illegible] раме платформы *1* установлены катки *13* (рольганг), которые создают удобство при укладке [illegible] снятии деталей. [illegible] вилкообразных проушинах рамки *4* и [illegible] поворотной вилке *3* установлены резиновые колесики *2*. Для удобства передвижения тележки с грузом имеется ручка *5*.

## § 2. Приемы фрезерования [illegible] поверхностей, уступов и [illegible]

Поверхности деталей, расположенные под некоторым углом [illegible] горизонтальной плоскости называют *наклонными*. Наклонную поверхность детали, имеющую небольшие размеры, называют *скосом*. Фрезерование наклонных поверхностей и скосов торцовыми или цилиндрическими фрезами можно осуществить при установке заготовки под требуемым углом к оси фрезы в специальном приспособлении на столе станка.

При обработке наклонных поверхностей деталей технологический процесс должен быть построен так, чтобы последовательности операций и переходов были наиболее удобны, и были использованы рациональные методы фрезерования.

Последовательность обработки зависит от многих факторов, в том числе от характера фрезерных операций, размеров и формы деталей, технических условий на взаимное расположение отдельных поверхностей, имеющегося оборудования, технологических баз, которые должны назначаться до обработки.

Рассмотрим обработку наклонных поверхностей, уступов и пазов пуансонов роторных штампов.

На рис. 98, а показан простой и экономичный способ вырезки дисковой фрезой *3* из круглой заготовки *1* нескольких заготовок *2* для пуансона, а на рис. 98, *б*, показаны приемы фрезерования профиля наклонных поверхностей пуансона роторного штампа: Для этого на стол *1* вертикально-фрезерного станка устанавливают синусные тиски *5* (рис. 98,*б*) и закрепляют болтами *8* их нижнюю плиту *2*. На плиту *2* кладут два блока плиток *3* и закрепляют тиски *5* болтом *4*. Затем в тисках *5* закрепляют заготовку пуансона *6* и с помощью маховичков продольного и поперечного перемещений стола и вертикальной подачи шпиндельной головки подводят концевую фрезу *7* к заготовке *6* и фрезеруют вначале одну поверхность под углом α, затем переворачивают заготовку и фрезеруют другую поверхность под углом α. Обработав две наклонные поверхности пуансона, расположенные под углом α, синусные тиски снимают, устанавливают тиски *9*, в которых закреплена заготовка, фрезеруют выемку на пуансоне *6* в размер *n* на длину $L_1$ (рис. 98, *в*) с припуском на окончательную обработку.

На рис. 99, *а* показан прием обработки концевой фрезой *6* наклонных поверхностей пуансона *7*, закрепленного в синусных тисках. Синусные тиски состоят из угольника *3*, закрепленного болтами *2* на столе *1* фрезерного станка. Синусная плита шарнирно соединена осью *5* с угольником *4*. На плите угольника *4* до упора установлены тиски *8* и закреплены с двух сторон болтами.

В случае, если на чертеже пуансона заданы линейные размеры $H, H_1, H_2, H_3, L, L_1, L_2$ (рис.100), то прежде чем приступить к обработке, необходимо знать углы α, β и γ. Искомые углы α, β, γ определяют соответственно из треугольников *abc*, *cde* и *emf*, а именно

$$\alpha = \operatorname{arctg}\frac{ab}{bc} = \operatorname{arctg}\frac{H - H_1}{L - L_2}; \qquad \beta = \operatorname{arctg}\frac{ed}{dc} = \operatorname{arctg}\frac{H - H_3}{L_2 - L_1};$$

$$\gamma = \operatorname{arctg}\frac{fm}{me} = \operatorname{arctg}\frac{H_3 - H_2}{L_1}.$$

Угол при вершине пуансона φ определяют по формуле

$$\varphi = 180^\circ - (\alpha + \beta).$$

Следует учесть, что на практике могут также встречаться чертежи, где часть размеров задана в линейном виде, а часть в угловом. В этом случае путем дополнительных расчетов находят искомые координаты.

П р и м е р. Профиль пуансона (см. рис. 100) задан линейными размерами: $L = 89{,}3$ мм, $H = 64{,}5$ мм, $H_1 = 40$ мм, $L_1 = 41{,}7$ мм, а также углами: $\alpha = 36^\circ$, $\varphi = 54^\circ$, $\gamma = 20^\circ$.

Требуется определить размеры $H_2$, $H_3$ и $L_2$.

Значения тангенсов углов α, φ и γ определяем по тригонометрическим таблицам.

Находим:

$$L_2 = L - bc = L - \frac{(H - H_1)}{\operatorname{tg}\alpha} = 89{,}3 - \frac{(64{,}5 - 40)}{0{,}7265} = 55{,}58 \text{ мм};$$

$$H_3 = H - ed = H - cd\operatorname{tg}\varphi = H - (L_2 - L_1)\operatorname{tg}\varphi = 64{,}5 - (55{,}57 - 41{,}7)1{,}3763 = 45{,}41 \text{ мм}.$$

$$H_2 = H_3 - fm = H_3 - em\operatorname{tg}\gamma = H_3 - L_1\operatorname{tg}\gamma = 45{,}41 - 41{,}7 \cdot 0{,}3639 = 30{,}23 \text{ мм}.$$



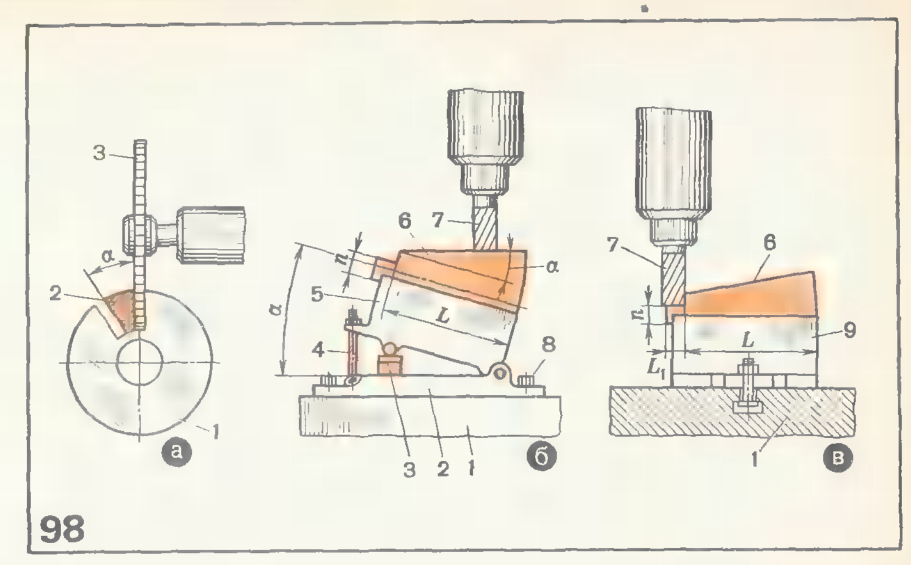



**Рис. 98.** Обработка пуансонов и сегментов роторных штампов

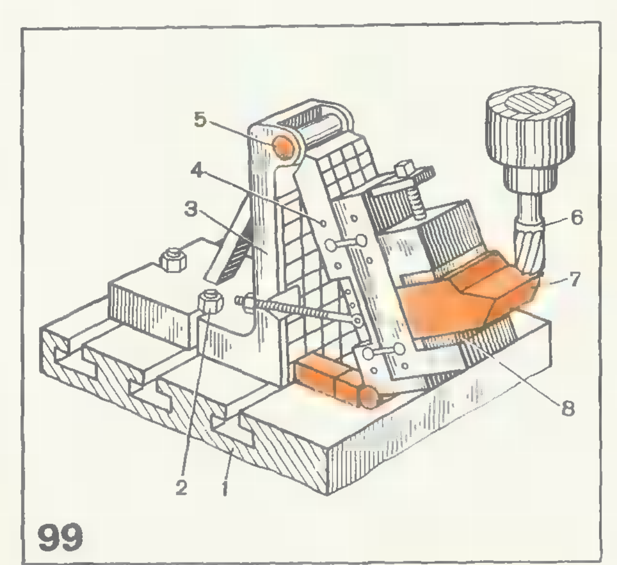



**Рис. 99.** Обработка наклонной поверхности пуансона вырубного штампа в синусных тисках

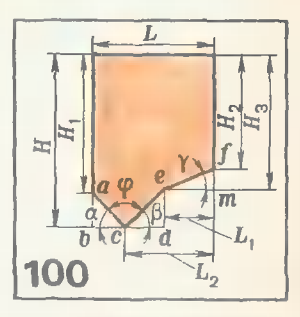


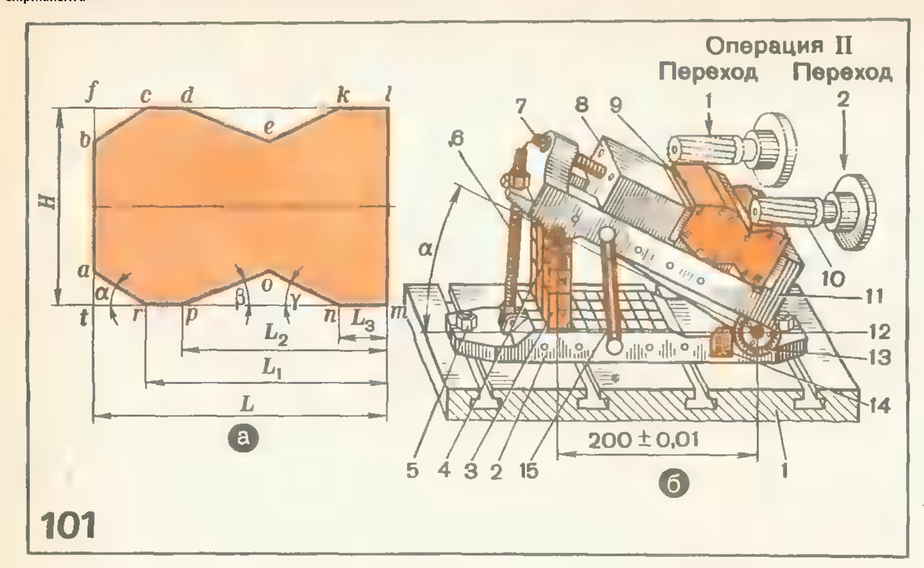

**Рис. 100.** Схема для расчета угла α, β, γ

На обработку углового профиля (рис. 99), ограниченного размерами *L* и *H*, следует отнестись внимательно, так как малейшая ошибка приведет к неточности исполнительных размеров: $H_2 = 30{,}23$ мм; $H_3 = 45{,}41$ мм и $L_2 = 55{,}58$ мм.

На рис. 101, *а* представлен профиль симметричного пуансона с тремя наклонными поверхностями.

Заданы размеры: $L = 85{,}23 \pm 0{,}05$ мм; $L_1 = 47{,}23$ мм; $L_2 = 35{,}23$ мм, $L_3 = 10$ мм, $H = 45 \pm 0.05$ мм и углы $\alpha = 15^\circ 18'$, $\beta = 25^\circ 15'$ и $\gamma = 15^\circ 18'$

Требуется определить размеры наклонных поверхностей *ar*, *po* и *on*.




Из треугольника $atr$ находим, что

$$ar = \frac{tr}{\cos\alpha} = \frac{(L - L_1)}{\cos\alpha} = \frac{85{,}23 - 47{,}23}{0{,}9645} = 39{,}40 \text{ мм.}$$

Для определения размеров наклонных поверхностей $po$ и $on$ можно воспользоваться теоремой синусов, но для этого необходимо определить третий угол треугольника $\Delta pon$, т. е.

$$\angle pon = 180° - (\beta + \gamma) = 180° - (25°15' + 15°18') = 180° - 40°33' = 139°27'.$$

Размеры наклонных поверхностей находим из соотношения

$$\frac{pn}{\sin\angle pon} = \frac{po}{\sin\gamma} = \frac{on}{\sin\beta},$$

т. е.

$$pn\sin\gamma = po\sin < pon;$$

$$po = \frac{pn\sin\gamma}{\sin\angle pon} = \frac{(L_2 - L_3)\sin 15°18'}{\sin 139°27'} = \frac{(35{,}23 - 10)0{,}2638}{0{,}6501} = 10{,}23 \text{ мм;}$$

$$on = \frac{pn\sin\beta}{\sin\angle pon} = \frac{(L_2 - L_1)\sin 25°15'}{\sin 139°27'} = \frac{(35{,}23 - 10)0{,}4665}{0{,}6501} = 18{,}1 \text{ мм.}$$

Прежде чем приступить к обработке наклонных поверхностей пуансона (рис. 101, *б*), необходимо [redacted] первую очередь отфрезеровать и прошлифовать заготовку по наружному контуру [redacted] размер $L$ и $H$, которые даны с учетом припуска на окончательную обработку. Затем установить синусное приспособление на стол *1* горизонтально-фрезерного станка и закрепить с двух сторон болтами *5*. После этого слегка при-



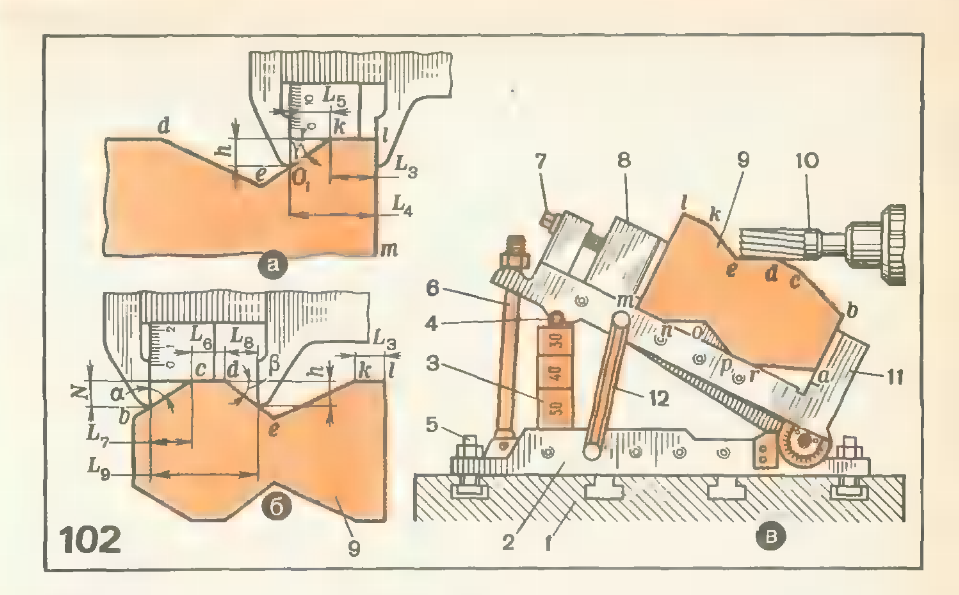



**Рис. 101.**
**Обработка профиля симметричного пуансона вырубного штампа**
*а* — деталь; [redacted] — *приемы обработки профиля пуансона на синусном* приспособлении с угломерным устройством

**Рис. 102.**
**Обработка пуансона выруб-[redacted] штампа:**
*а, о* — контроль штангензубомером; [redacted] — приемы фрезерования [redacted] синусном приспособлении [redacted] угломерным устройством

поднимают синусные тиски *11*, шарнирно соединенные осью *12* с нижней плитой *2*, на угол $\alpha$ по шкале диска *13* и нониусу *14*, [redacted] затем укладывают их ролик *4* на блок концевых мер *3* и закрепляют тиски болтом *6* и планкой *15*. Заготовку *9* укладывают между губками тисков и закрепляют ее винтом *7* и губкой *8*. Затем с помощью маховичков продольного и поперечного перемещений стола *1* станка подводят фрезу *10* [redacted] заготовке и фрезеруют вначале наклонную поверхность $ar$ (переход *1* рис. 101, *б*) под углом $\alpha$, выдерживая размер $L_1$ и, не меняя установки, фрезеруют наклонную поверхность $on$ под углом $\gamma$ (переход *2*), выдерживая размер $L_3$ плечика [redacted] заготовке пуансона. Обработав наклонные поверхности $ar$ и $on$ [redacted] не меняя установку тисков, слегка отжимают винтом *7* губку *8* и переворачивают на вторую сторону заготовку пуансона — осуществляют операцию II (рис. 101, *б*). Затем, закрепив пуансон [redacted] тисках, подводят фрезу [redacted] фрезеруют вначале наклонную поверхность $bc$ (переход *1*) и $ek$ (переход *2*), выдерживая углы $\alpha$ и $\gamma$, и соответственно размеры $L_1$ и $L_3$, которые периодически проверяют штангензубомером. Аналогично осуществляют обработку и других наклонных поверхностей.

Контроль размеров $L_1$, $L_2$, $L_3$ (см. рис. 101, *а*) осуществляют с помощью штангензубомера (рис. 102, *а*). Для этого необходимо выбрать вспомогательный размер $L_4$ таким, чтобы точка $O_1$ лежала между точками $e$ [redacted] $k$ наклонной поверхности пуансона (см. рис. 101, *а*).

Как видно по рис. 102, *а*, $L_4=L_3+L_5$, но так как $L_5=h\,\mathrm{tg}\,\gamma$, то $L_4=L_3+h\,\mathrm{tg}\,\gamma$. Следовательно, вертикальную линейку штангензубомера нужно выставить на размер $h$, а губки развести до размера $L_4$. В процессе измерения одну губку штангензубомера прикладывают к боковой поверхности $lm$, [redacted] другую — на участке $ek$ к точке $O_1$. Если вертикальная линейка при измерении ляжет плотно на поверхность $ek$, то размер $L_3$ выполнен правильно. Если между поверхностью $ek$ и вертикальной линейкой имеется просвет, то размер $L_3$ больше заданного и необходимо еще снять слой металла с поверхности $ek$. Если же вертикальная линейка ложится на плоскость $kl$, а губка не упирается [redacted] поверхность $ek$ в точке $O_1$, то размер $L_3$ выполнен меньше заданного по чертежу.

Для определения разницы между размером $L_3$, заданным чертежом, [redacted] размером, полученным [redacted] результате обработки профиля пуансона, губки штангензубомера сдвигают настолько, чтобы они коснулись боковых сторон пуансона, [redacted] когда вертикальная линейка опирается [redacted] боковую поверхность $kl$, разница между расчетным размером $L_4$ и размером, полученным в результате сдвигания губок, [redacted] есть отклонение от размера $L_3$.

Последним обрабатывают наклонную поверхность на участке $de$ (рис. 102, *б*), при этом измерение размера $L_6$ между точками $cd$ заменяют, как [redacted] предыдущем случае, измерением размера $L_9$, находящегося на произвольном расстоянии от базовой плоскости и полученного в результате расчета. Как видно из построения

$$L_6 = L_9 - L_7 - L_8,$$

но

$$L_7 = N\,\mathrm{ctg}\,\alpha, \quad L_8 = N\,\mathrm{ctg}\,\beta.$$

тогда

$$L_6 = L_9 - N(\mathrm{ctg}\,\alpha + \mathrm{ctg}\,\beta).$$

Выставив вертикальную линейку [redacted] размер $N$ и раздвинув губки до размера $L_9$, производят измерение (рис. 102, *б*) аналогично тому, как это описано выше, при контроле размера $L_3$. Углы $\alpha$ [redacted] $\beta$ проверяют универсальным угломером.

На рис. 102, *в* показан прием чистового фрезерования наклонной поверхности пуансона, расположенной между точками $ed$. При фрезеровании от фрезеровщика требуется большой опыт [redacted] внимание, с тем чтобы он не врезался [redacted] угол ранее обработанной наклонной поверхности $ek$ или $no$. Убедившись, что наклонная поверхность $ed$ обработана точно, не меняя установку тисков, переворачивают пуансон *9* на вторую сторону так, чтобы наклонная поверхность $op$ находилась напротив фрезы *10*. Винтом *7* закрепляют губку *8* и заготовку пуансона *9*. Проверив установку ролика *4* (нет ли смещения блока концевых мер и приспособления [redacted] процессе предыдущего фрезерования) на блоке концевых мер *3*, и крепление планкой *12* и болтом *6* поворотной части тисков, а также крепление нижней плиты *2* приспособления на столе *1* станка, приступают к окончательной обработке наклонной поверхности $op$, при этом периодически проверяют профиль пуансона штанген-



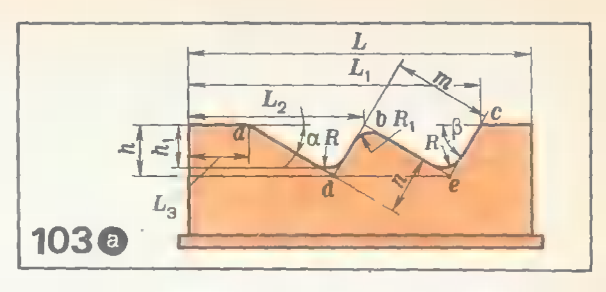
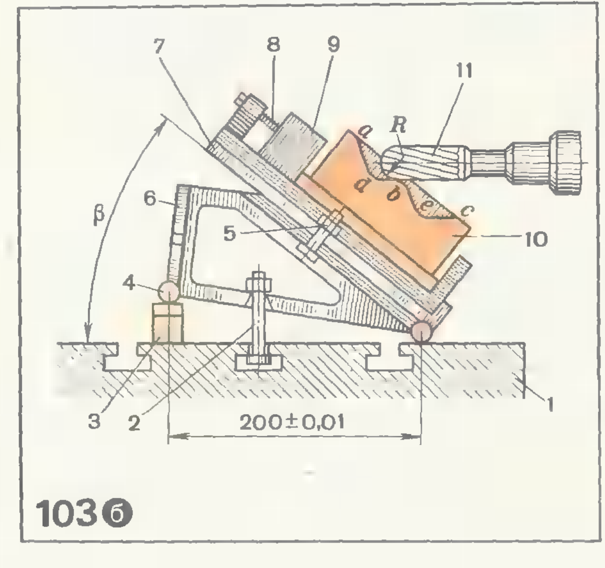
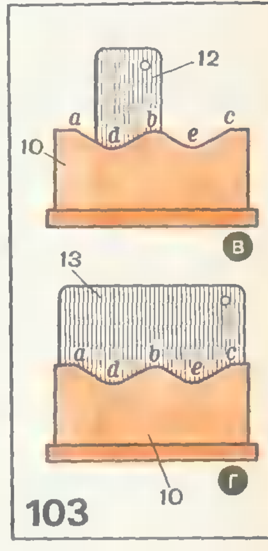



**Рис. 103.**
**Обработка матрицы гибочного штампа:**
[redacted] профиль матрицы; *б* — прие[redacted] фрезерования в тисках [redacted] на синусной призме; *в, г* — контроль профиля матрицы выработкой и шаблоном




На рис. 103, *а* изображен профиль матрицы гибочного штампа. На чертеже матрицы даны линейные размеры $L_1$, $L_2$ и $L_3$. Для осуществления обработки профиля гибочного штампа необходимо знать размеры $m$ и $n$, соответствующие величине смешения концевой фрезы при переходе с одной ступени профиля на другую, [redacted] также размеры $h$ и $h_1$ для контроля точности исполнения профиля штампа. Эти размеры определяют из прямоугольных $\Delta abd$ и $\Delta bce$, т.е.

[redacted] $= ab\sin\alpha = (L_2 - L_3)\sin\alpha$; [redacted] $= bc\sin\beta = (L_1 - L_2)\sin\beta$;

$$h_1 = ab\sin\alpha\cos\alpha = (L_2 - L_3)\sin\alpha\cos\alpha;$$

$$h = bc\sin\beta\cos\beta = (L_1 - L_2)\sin\beta\cos\beta.$$

Прошлифованную со всех сторон заготовку матрицы *10* (рис. 103, *б*) устанавливают в тиски *7* [redacted] закрепляют ее губкой *9* [redacted] винтом *8*, после чего тиски кладут на синусную угловую призму *6* и закрепляют болтами *5*. Подсчитав размер блока концевых мер *3*, соответствующий углу $\beta$, его устанавливают под ролик *4* и закрепляют угловую призму болтами *2*

на столе *1* фрезерного станка. Убедившись, что призма с тисками и заготовкой установлены на столе станка под углом β, с помощью продольного и поперечного перемещений стола и вертикальной подачи шпиндельной головки подводят специальную концевую радиусную фрезу *11* и обрабатывают вначале наклонную поверхность *bd* под углом β с получением радиуса *R*, затем, не меняя установки призмы и тисков, переворачивают заготовку в тисках и обрабатывают наклонную плоскость *ce* под углом β. Закончив обработку наклонных поверхностей *bd* и *ce*, не меняя установки тисков с заготовкой, слегка поднимают фрезу *11*, освобождают болты *2* от зажима призмы *6* и вынимают из-под ролика *4* блок концевых мер *3*. После этого опускают призму с тисками на стол *1* станка и закрепляют их болтами. Затем с помощью вертикальной подачи стола поднимают стол с призмой и тисками, подводят фрезу *11* в матрице *10* и осторожно вначале фрезеруют наклонную поверхность *ad* под углом [illegible] (см. рис. 103, *а*) и поверхность радиусом *R*. После этого винтом *8* отводят губку *9* и свободно переворачивают в тисках *7* матрицу *10*. Закрепив в тисках матрицу, подводят фрезу *11* и фрезеруют вторую наклонную поверхность *be* и радиус *R*, при этом периодически их проверяют выработкой *12* (рис. 103, *в*). После слесарной обработки и получения радиуса $R_1$ общий профиль матрицы контролируют шаблоном *13* (рис. 103, *г*).

Изображенный на рис. 104, *а* профиль пуансона представляет собой сложный сопряженный линейно-угловой контур. Для того чтобы упростить способы и приемы получения и контроля профиля в процессе операционного фрезерования, необходимо в первую очередь расточить в заготовке технологическое отверстие под цилиндрическую оправку, которая будет базой при изготовлении и контроле профиля. Отверстие должно быть расположено так, чтобы его ось пересекала продолжение какой-нибудь из линий, образующих профиль. С этой целью сверлят технологическое отверстие на оси симметрии профиля пуансона на расстоянии $L_4$ от плоскости *А* (см. рис. 104, *а*). Для нахождения расстояний $h_1$, $h_2$, $h_3$ от оси отверстия до наклонных поверхностей профиля воспользуемся вспомогательными треугольниками.

Из $\Delta cdf$ и $\Delta foj$ имеем

$$h_1 = fo\cos\gamma = (do - df)\cos\gamma = (do - cd\,\mathrm{tg}\gamma)\cos\gamma = [0{,}5H_2 - (L_4 - L_2)\mathrm{tg}\gamma]\cos\gamma.$$

Из $\Delta oek$ имеем

$$h_2 = ek = oe\sin\alpha = 0{,}5H_1\sin\alpha.$$

Значение $h_3 = oe + eq$, где из $\Delta eqm$

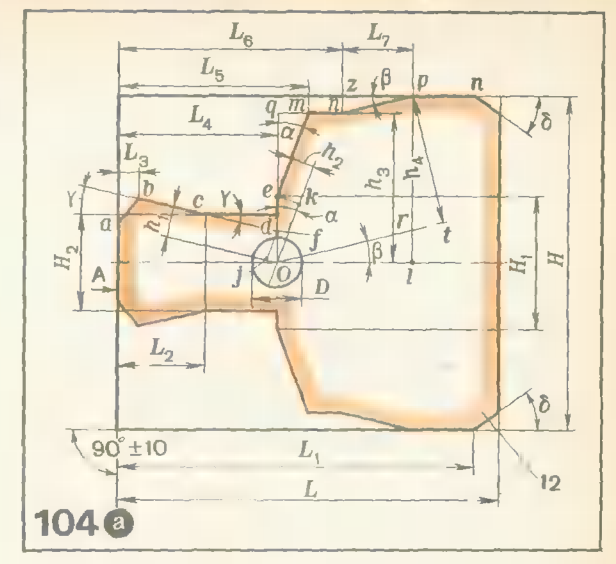
$$eq = \frac{qm}{\mathrm{tg}\alpha},$$

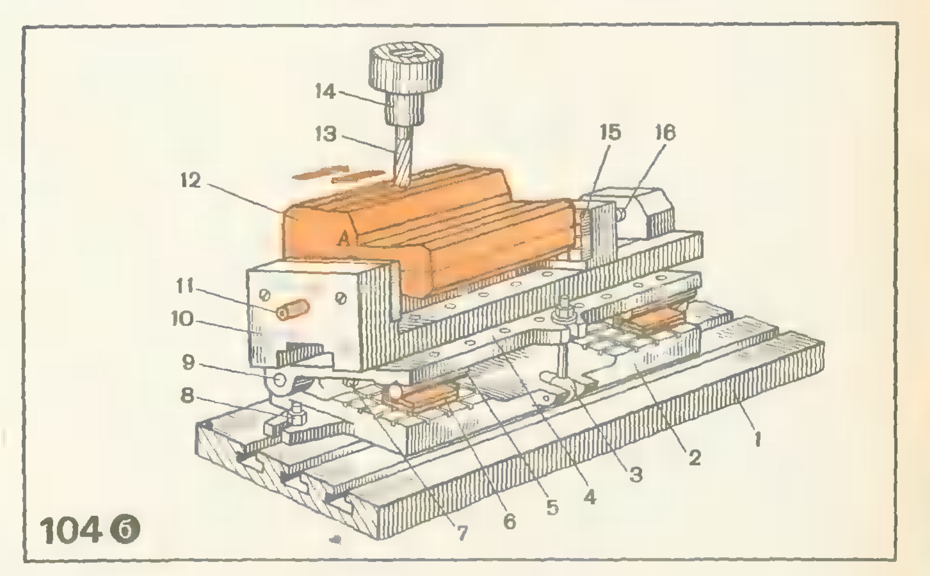
тогда

$$h_3 = oe + \frac{qm}{\mathrm{tg}\alpha} = 0{,}5H_1 + \frac{(L_5 - L_4)}{\mathrm{tg}\alpha}$$



**Рис. 104.**
**Обработка пуансона вырубного штампа сложного профиля:**
*а* — профиль пуансона, *б* — приемы фрезерования на синусном приспособлении




Для нахождения величины $h_4$ необходимо рассмотреть два треугольника *rol* и *rpt*. Ввиду подобия данных треугольников можно записать соотношение

$$\frac{ol}{h_4} = \frac{or}{pr}$$

откуда

$$h_4 = \frac{ol \cdot pr}{or}$$

где

$$or = \frac{ol}{\cos\beta}; \; pr = pl - rl = 0{,}5H - ol\,\mathrm{tg}\beta,$$

тогда

$$h_4 = (0{,}5H - ol\,\mathrm{tg}\beta)\cos\beta,$$

где

$$ol = qn + zp = qn + \frac{zn}{\mathrm{tg}\beta} = (L_6 - L_4) + \frac{0{,}5H - h_3}{\mathrm{tg}\beta}$$

Прежде чем приступить к обработке пуансона *12* (рис. 104, *б*) необходимо прошлифовать его заготовку, выдержав соответствующие габаритные размеры. После этого в заготовке *12* растачивают технологическое отверстие диаметром $D$ и после разметки обрабатывают по профилю (строгание и предварительное шлифование), оставив припуск 2—3 мм на окончательную обработку. Затем заготовку *12* устанавливают в тиски *10*, закрепляют губкой *15* и винтом *16* в положении, при котором ось отверстия $O$ (см. рис. 104, *а*) находилась параллельно верхней плоскости тисков *10* и совпадала с осью оправки *11*, после чего тиски с заготовкой устанавливают на столик *4* и закрепляют их снизу болтами *7*. Столик *4* шарнирно соединен осью *9* с нижней плитой *2*, которая закреплена болтами *8* на столе *1* вертикально-фрезерного станка. Убедившись, что приспособление с тисками и заготовкой установлены и закреплены на столе станка точно и надежно, столик *4* устанавливают под углом β. Под его ролики *5* укладывают два блока плиток *6* и закрепляют болтом *3*; приступают к обработке поверхностей пуансона, проверив, нет ли биения концевой фрезы *13* в шпинделе *14*. Затем обрабатывают наклонную поверхность под углом β, выдерживая размер $h_4$ и $L_7$ (см. рис. 104, *а*). После этого убирают плитки *6* из-под роликов *5* и закрепляют столик *4* болтом *3* в горизонтальном положении. Затем с помощью продольного и поперечного перемещений стола и вертикальной подачи шпиндельной головки устанавливают фрезу *13* для обработки горизонтального $cd$ и вертикального $ed$ участков. Маховичком вертикальной подачи шпиндельной головки *14* поднимают фрезу *13* на высоту $h_3$ и обрабатывают плоскость $mn$, выдерживая размер $L_6$. После этого, подняв фрезу на высоту $\frac{H}{2}$, фрезеруют плоскость $pn$. Получив указанные размеры, переворачивают пуансон *12* и фрезеруют все линейные размеры и на второй его стороне, но при этом нужно точно без перекосов устанавливать и крепить в тисках заготовку пуансона, беря за базу технологическое отверстие и боковые прошлифованные поверхности пуансона. Остальные наклонные поверхности, расположенные под углами α, γ и δ, обрабатывают также. При этом используют выше подсчитанные размеры $h_1$, $h_2$ и др. Проверку всего профиля пуансона осуществляют с помощью микрометра, штангензубомера и инструментального микроскопа.

На рис. 105 показана сборная матрица вырубного штампа, рабочая часть которой состоит из двух секций и имеет сложный сопряженный линейно-угловой профиль, для обработки которого необходимы точные технологические расчеты. В данном случае нужно определить $h_1$ и $h_2$.



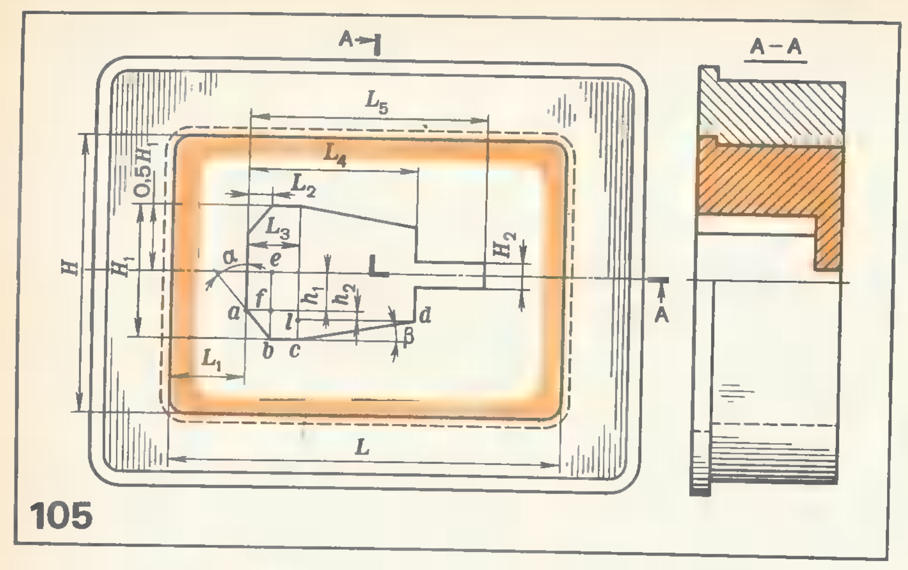
Для нахождения размеров $h_1$ и $h_2$ строим вспомогательные треугольники $\Delta afb$ и $\Delta cdl$. Тогда

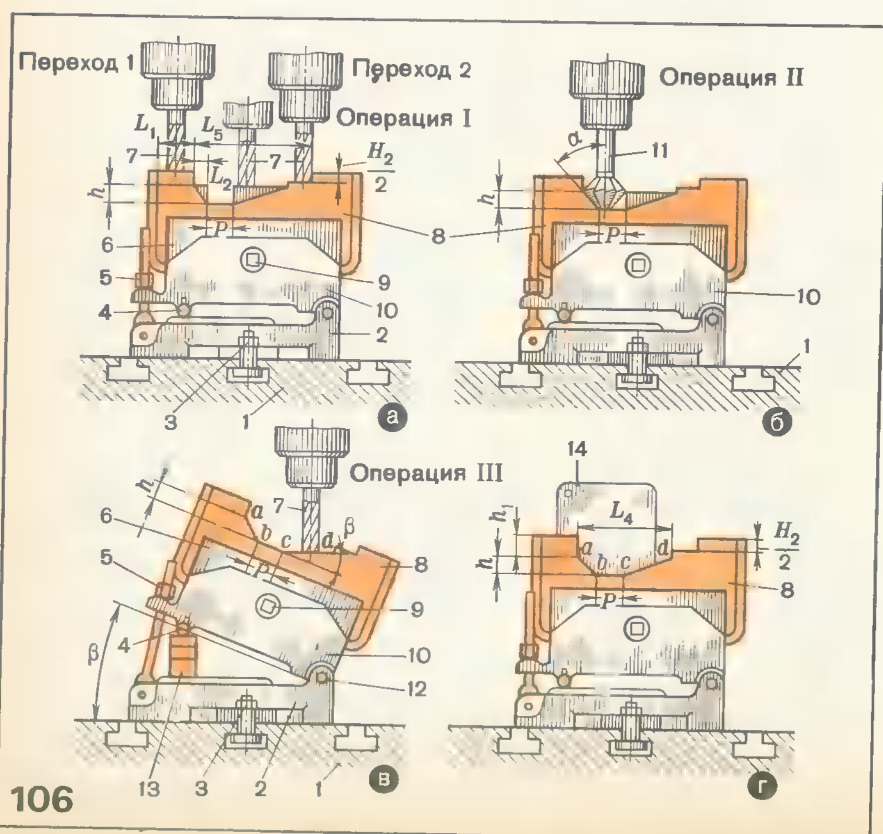
$$h_1 = eb - fb = eb - \frac{af}{\mathrm{tg}\alpha} = 0{,}5H_1 - \frac{h_2}{\mathrm{tg}\alpha},$$

$$h_2 = fb - lc = \frac{L_2}{\mathrm{tg}\alpha} - ld\,\mathrm{tg}\beta = \frac{L_2}{\mathrm{tg}\alpha} - (L_4 - L_3)\mathrm{tg}\beta.$$

Прежде чем приступить к обработке внутренних поверхностей секций сборной матрицы штампа, необходимо в первую очередь прошлифовать их в сборе по наружным посадочным поверхностям, выдержав соответствующие размеры. В дальнейшем эти поверхности будут базовыми при обработке на фрезерном станке. Вначале нижнюю плиту *2* синусных тисков (рис. 106, *а*) устанавливают на стол *1* станка и закрепляют ее болтами *3*, после чего тщательно протирают плоскость плиты *2*, опускают корпус тисков с роликом *4* на плиту *2* и закрепляют его болтом *5*. Затем между губками *6* тисков *10* укладывают две секции *8* и закрепляют их винтом *9*. С помощью маховичков продольного и поперечного перемещений стола и вертикальной подачи шпиндельной головки устанавливают концевую фрезу *7* и обрабатывают плоскости разъема секций *8* (переход *1*). Затем приступают к обработке внутреннего профиля секций. Вначале фрезеруют выемку высотой $0{,}5H_2$ мм и длиной $L_5$ и выемку шириной $P = L_3 - L_2$ (см. рис. 105) на глубину $h = \frac{H_1 - H_2}{2}$ (рис. 106, *а*, переход *2*) для того, чтобы облегчить обработку наклонных поверхностей, расположенных под углами α и β. Для осуществления операции II нужно, не меняя установки тисков *10* на столе *1* станка, снять концевую фрезу *7* со шпинделя и на ее место установить специальную грибковую фрезу *11* (см. рис. 106, *б*, операция II), профиль которой обеспечивает получение поверхности, расположенной под углом α (см. рис. 105). Установив фрезу *11* в шпиндель и убедившись, что она занимает нужное положение, осуществляют операцию II. Фрезу *11* вынимают из шпинделя и устанавливают концевую фрезу *7*. Затем, не меняя установки и крепления болтами *3* нижней плиты *2* тисков на столе *1* станка, освобождают от зажима болт и поднимают синусные тиски *10*, шарнирно соединенные осью *12* с нижней плитой *2*, и укладывают на нее блок плиток *13* (рис. 106 *в*, операция III) так, чтобы ролик *4* лег на плитки посередине. Болтом *5* закрепляют синусные тиски *10* и приступают к обработке наклонной поверхности под углом β (см. рис. 105). Убедившись, что тиски с секциями *8* точно установлены на блоке плиток *13* под углом β и надежно закреплены на плите станка, с помощью маховичков продольного и поперечного перемещений стола и вертикальной подачи шпинделя фрезу *7* подводят к секциям и очень осторожно обрабатывают их. При обработке периодически проверяют профиль(рис. 106, *г*) секции *8* по шаблону *14* и выдерживают линейные и высотные размеры по плиткам концевых мер.

Контроль аналогичных профилей с помощью универсального угломера с дополнительным устройством показана на рис. 107. Это дает возможность в ряде случаев отказаться от изготовления специальных



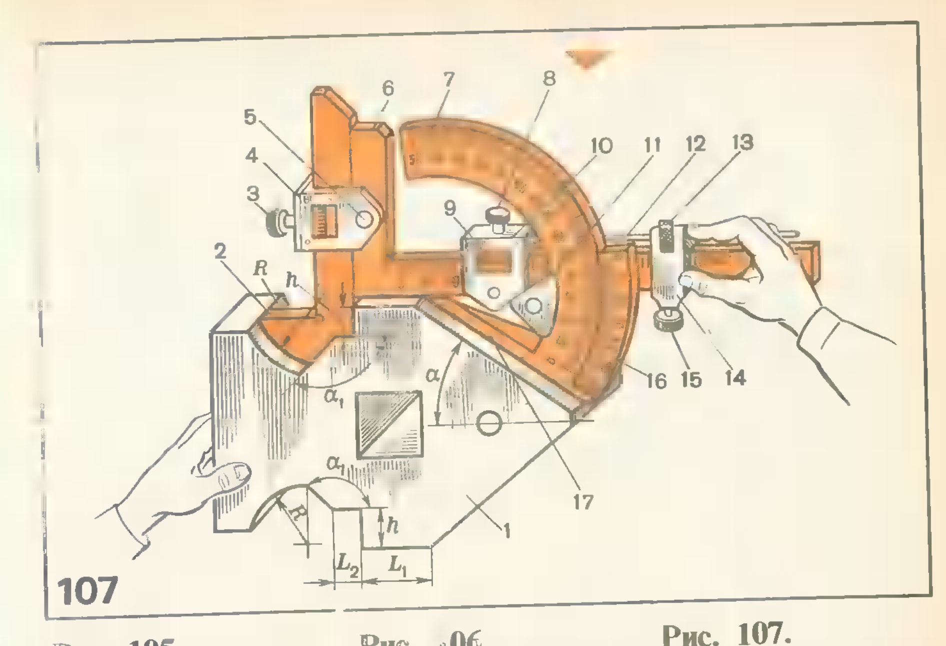




**Рис. 105.** Сборная матрица вырубного штампа

**Рис. 106.** Приемы фрезерования [illegible]ций сборной матрицы штампа [illegible] синусных [illegible] (*а*, *б*, *в*) и приемы контроля профиля секций (*г*)

**Рис. 107.** Способ измерения сопряжен[illegible] профиля детали универсальным угломером

дорогостоящих профильных шаблонов. Основными деталями универсального угломера являются угольник *6*, угломерная дуга *7* с линейкой *17*, нониус *16*, рамки *4* и *10* с нониусом *9*, хомутик *14*, соединенный микровинтом *12* с гайкой *13*, и прижим *11*. [illegible] процессе измерения профиля пуансонов *1* в первую очередь нужно установить [illegible] рамке *4* сменную фасонную линейку *2* и закрепить ее винтами *3* и *5*, после этого на угольнике закрепляют винтом *15* хомутик *14* Затем пальцами правой руки захватывают штангу угольника *6* и, вращая гайку *13* микровинта *12*, соединенного с рамкой *10*, перемешают ее с угломерным диском *7*. После этого по шкале штанги угольника *6* [illegible] нониусу *9* рамки *10* устанавливают размер $L_1$ и закрепляют винтом *8* рамку *10*. По шкале угломерного диска *7* и нониусу *16* устанавливают заданный угол $\alpha$ и закрепляют диск *7* прижимом *11*. Пальцами левой руки захватывая деталь *1*, [illegible] пальцами правой руки линейку угольника и рамку *14*, прикладывают [illegible] к детали и проверяют профиль участка окружности радиусом $R$, размеры $L_1$, $h$, $L_2$ и углы $\alpha$ и $\alpha_1$. Затем левой рукой переворачивают пуансон на вторую сторону [illegible] проверяют эти же размеры.

На рис. 108 показан другой способ измерения профиля детали *1* с помощью универсального угломера. Прежде чем приступить к измерению профиля пуансона, необходимо вставить [illegible] рамку *2* фасонную линейку *3*, установить ее по блоку плиток концевых мер на высоту $h_1$ и

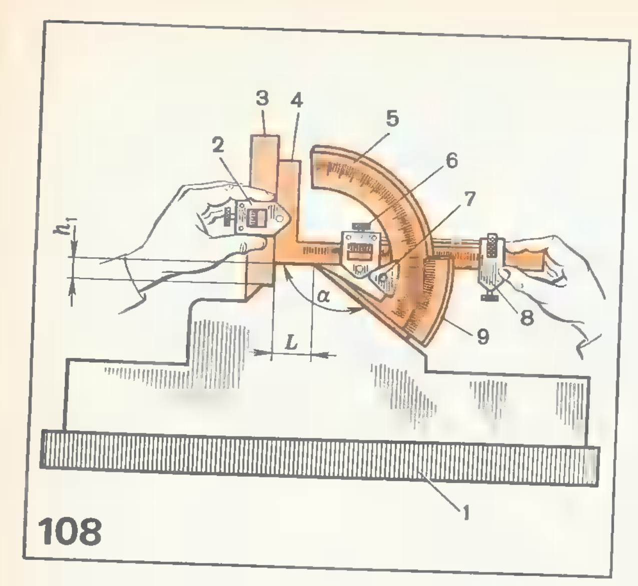
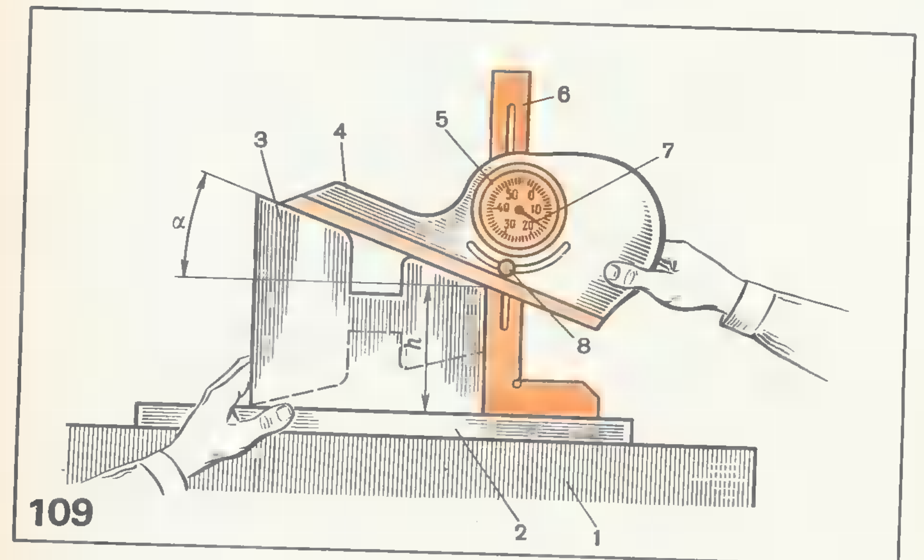



**Рис. 108.**
**Способ измерения профиля детали универсальным угломером**



**Рис. 109.**
**Способ контроля наклонной поверхности с помощью угломера с индикаторным устройством**




закрепить в рамке *2*. Затем закрепляют хомутик *8* и по шкале угольника *4* и нониусу рамки *6* устанавливают размер *L*, а по угломерной шкале диска *5* и нониусу *9* устанавливают угол α ; закрепляют диск *5* прижимом *7* и рамку *6*. Приступают к проверке профиля детали *1*. Для этого пальцами левой руки захватывают линейку *3*, а пальцами правой руки линейку угольника и хомутик *8*, прикладывая угломер к профилю детали.

На рис. 109 изображен способ контроля профиля детали с помощью угломера индикаторного типа. В данном угломере обычная шкала и



нониус заменены индикаторным циферблатом. Отсчет угловых размеров производят по показаниям стрелки *7* на шкале диска *5* с точностью 5′.

В процессе измерения профиля деталь *3* устанавливают на точно прошлифованную пластину *2* или на контрольную плиту *1*. Угловую линейку *6* и линейку корпуса *4* устанавливают по стрелке *7* и шкале диска *5* под угол 90 (стрелка *7* показывает 0°). Затем с помощью блока плиток концевых мер устанавливают размер *h*. Поднимают линейку корпуса *4* и по шкале диска *5* и стрелке *7* устанавливают заданный угол α и закрепляют линейку угольника *6* на корпусе *4* с помощью винта *8*.

Пальцами правой руки, захватывая корпус *4* угломера, а пальцами левой руки придерживая деталь *3* и пластину *2* на контрольной плите *1*, измеряют угол α детали.

**Особенность фрезерования и контроля пазов и выступов типа ласточкин хвост.** Одним из сложных видов обработки деталей со скосами является обработка пазов и выступов типа ласточкин хвост. Контроль исполнительных размеров пазов и выступов осуществляют, как правило, с помощью мерных роликов.

В качестве примера рассмотрим обработку и вспомогательные расчеты размеров, необходимых для контроля профиля пуансона типа ласточкин хвост с помощью контрольного ролика диаметром *D* (рис. 110, *а*).

Контрольный размер *M* определяют следующим образом:

$$M = L_1 - L_2 + a + 0{,}5D.$$

Размер *a* определяют из треугольника *AOB*, где $\angle OAB = 0{,}5\,\alpha$ :

$$a = \frac{D}{2\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}}.$$

Пример. Требуется определить *M*, если известно, что $\alpha = 60^\circ$, $L_1 = 90$, $L_2 = 25{,}4$, $D = 20$ мм.

$$a = \frac{20}{2\operatorname{tg}30} = 17{,}32 \text{ мм};$$

$$M = 90 - 25{,}4 + 17{,}32 + 0{,}5 \cdot 20 = 91{,}92 \text{ мм}.$$

Прежде чем приступить к фрезерованию углового паза пуансона, следует в первую очередь проверить габаритные размеры заготовки. Затем прошлифованную заготовку пуансона *7* (рис. 110, *б*) устанавливают в тиски *2* и закрепляют подвижную губку *4* винтом *6*. Тиски *2* устанавливают на стол *1* станка и закрепляют болтами *3* в положении, перпендикулярном продольному перемещению стола *1* горизонтально-фрезерного станка. В шпиндель *8* устанавливают одноугловую концевую фрезу *9* и приступают к фрезерованию углового паза типа ласточкин хвост. Следует добавить, что на боковых сторонах тисок имеются четыре установочные втулки *5*, а в корпусе тисков имеются пазы для крепления болтов на столе станка, что дает возможность, не снимая заготовки, обрабатывать деталь как в горизонтальном, так и в вертикальном положениях.

Измерение углового профиля пуансона (рис. 110, *в*) производят с помощью ролика *7* [redacted] микрометра [redacted] следующей последовательности: вначале устанавливают ролик *7* в обработанный угловой паз пуансона *2*, затем левой рукой захватывают скобу *1* микрометра и прижимают ее пятку к боковой поверхности пуансона, а микровинт *3* к ролику *7*. Тремя пальцами правой руки, слегка вращая трещетку *5* микрометра, измеряют размер $M$. При совпадении показания нониуса барабана *4* с расчетным размером $M$ обработка углового паза осуществлена правильно в плоскости измерения. После этого рукояткой *6* закрепляют



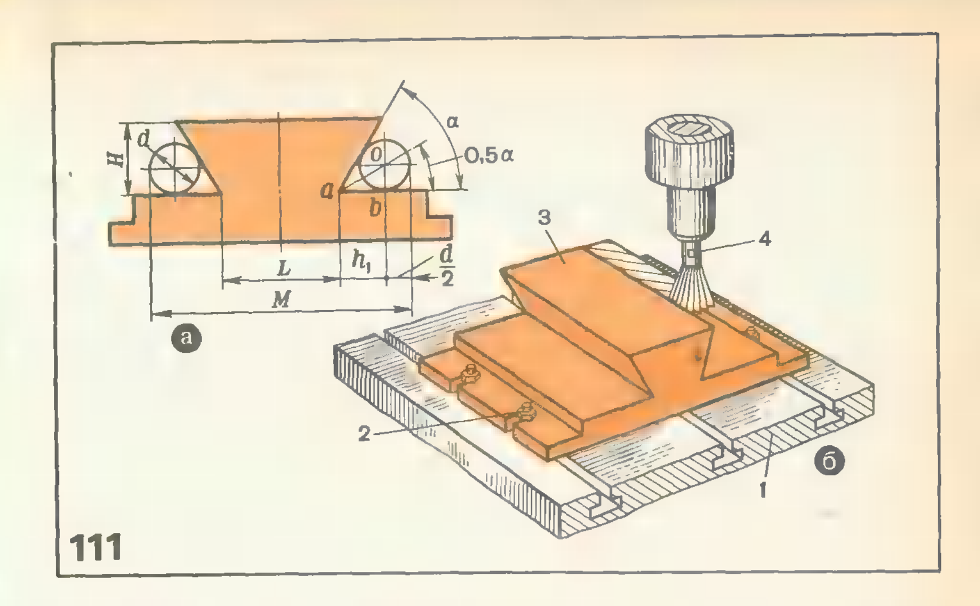



**Рис. 110.**

**Обработка пуансона [redacted] профилем типа ласточкин хвост:**

[redacted] — профиль пуансона; [redacted] — прием фрезерования [redacted] горизонтально-фрезерном станке; [redacted] — способ контроля микрометром [redacted] роли-[redacted]

**Рис. 111.**

**Профиль детали установочно-контрольного приспособления типа ласточкин [redacted] (*а*) [redacted] прием обработки на[redacted] поверхностей (*б*)**

микровинт *3* и проверяют правильность размера $M$ по всей длине пуансона.

На рис. 111, *а* изображен профиль детали установочно-контрольного приспособления с профилем типа ласточкин хвост, боковые стороны которого расположены симметрично под углом $\alpha = 60°$.

Контрольный размер $M$ [redacted] этом случае определяют по формуле

$$M = L + 2\left(h_1 + \frac{d}{2}\right).$$

Размер $h_1$ можно определить из $\Delta\, aob$:

$$h_1 = ob\,\mathrm{ctg}\frac{\alpha}{2} = 0{,}5d\,\mathrm{ctg}\frac{\alpha}{2},$$

тогда

$$M = L + d\left(\mathrm{ctg}\frac{\alpha}{2} + 1\right).$$

Следует учесть, что формула, приведенная выше, справедлива только для симметричного профиля. Для случая, когда одна сторона выполнена, например, под углом $\alpha$, а другая под углом $\beta$, формула для определения контрольного размера $M$ будет иметь вид

$$M = L + h_1 + h_1' + 2h_2,$$

где

$$h_1 = 0{,}5d\mathrm{ctg}\frac{\alpha}{2};\; h_1' = 0{,}5d\mathrm{ctg}\frac{\beta}{2};\; h_2 = 0{,}5d,$$

т. е.

$$M = L + 0{,}5d(\mathrm{ctg}\frac{\alpha}{2} + \mathrm{ctg}\frac{\beta}{2}) + d.$$

На рис. 111, *б* показан прием обработки фрезой *4* углового профиля установочно-контрольного приспособления *3* типа ласточкин хвост. Прежде чем начать обработку наклонных плоскостей на приспособлении, его нужно установить на стол *1* и закрепить болтами *2*. Затем с помощью маховичков продольного и поперечного перемещений стола и вертикальной подачи шпиндельной головки подводят фрезу к обрабатываемой детали *3* и с малыми подачами стола фрезеруют угловой паз с одной стороны. Затем, не меняя на столе установку приспособления, переводят фрезу *4* на вторую сторону ■ фрезеруют второй паз. При этом периодически проверяют размер *M* (см. рис. 111, *а*) с помощью роликов диаметром $d = 20$ мм.

На рис. 112, *а*, *б* изображены направляющие суппорта, которые имеются профиль типа ласточкин хвост. Пазы здесь фрезеруют за два перехода: сначала получают прямоугольный паз концевой фрезой, затем фрезеруют скосы паза концевой одноугловой фрезой (рис. 112, *в*). Контроль пазов обычно производят с помощью специальных шаблонов, позволяющих контролировать угол наклона боковых сторон, ■ также симметричность паза ■ его высоту. В ряде случаев приходится прибегать ■ более сложным измерениям, при которых измеряют не искомую, ■ другую величину, по результатам измерения которой определяют размеры искомой величины. Так, например, если на чертеже паза типа ласточкин хвост заданы угол наклона боковых сторон $\alpha$, высота $H$ и ширина $L$ (рис. 112, *а*), то измерить ширину непосредственно практически невозможно. Даже если вместо размера $L$ на чертеже был бы задан размер $L_1$, то и ■ этом случае измерение его было бы сложно, так как на острых кромках могут быть небольшие заусенцы. Поэтому ширину $L$ паза детали *1* в этом случае определяют путем косвенных измерений, с использованием двух роликов *2* диаметром *d* и блока плиток концевых мер *3* размером *M* (рис. 112, *б*). Контрольный размер *M* при разных углах профиля $\alpha$ и $\beta$:

$$M = L - 0{,}5d(\mathrm{ctg}\frac{\alpha}{2} + \mathrm{ctg}\frac{\beta}{2}) - d.$$

■ случае обработки симметричного профиля, т. е. когда угол $\alpha$ равен углу $\beta$, формула, приведенная выше, принимает следующий вид:

$$M = L - d(\mathrm{ctg}\frac{\alpha}{2} + 1).$$

На рис. 112, ■ показан прием обработки суппорта токарного станка, паз которого имеет форму типа ласточкин хвост. Прежде чем приступить к обработке паза детали *1*, необходимо установить на стол *8* вертикально-фрезерного станка приспособление *11* и закрепить его болтами *9*, так чтобы угловой выступ приспособления *11* был перпендикулярен продольному перемещению стола станка. После этого в угловой выступ приспособления *11* вставляют деталь *1* и закрепляют винтом *12* и



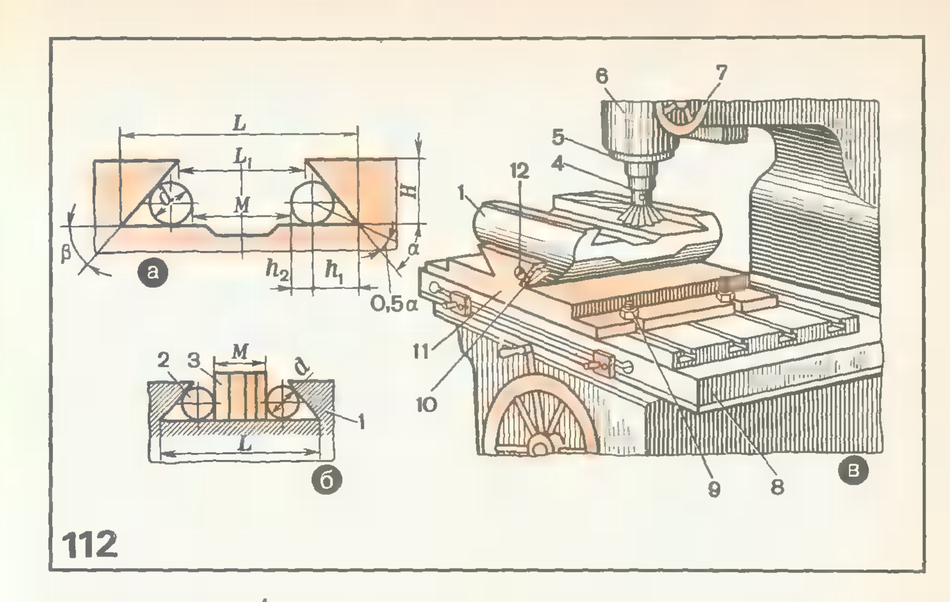



**Рис. 112.** **Направляющие суппорта, имеющие форму типа ласточ■ хвост (*а*), приемы фрезерования ■ ■ суппорте ■ установочно-контрольном приспособлении (*в*); *б* — контроль паза**

клином *10*. Убедившись, что приспособление и суппорт точно установлены ■ надежно закреплены на столе вертикально-фрезерного станка, а фреза *4* в шпинделе *5*, приступают к обработке паза. С помощью нониусов лимб маховичков продольного и поперечного перемещений стола *8* и маховичка *7* вертикальной подачи шпиндельной головки *6* подводят фрезу к детали *1* ■ начинают обрабатывать ее паз, при этом периодически проверяют угловой профиль паза, используя схему для расчетов (см. рис. 112, *а*) и способ, показанный на рис. 112, *б*, или шаблон.

Изображенные на рис. 113 способы измерения профилей деталей *6*, *18* типа ласточкин хвост с помощью универсального раздвижного штангенкалибра дают возможность измерять как внутренние, так и наружные угловые пазы в деталях размером от $M = 10$ мм до $M = 300$ мм ■ зависимости от длины штанги и высот $h$ и $h_1$ губок.

Штангенкалибр состоит из штанги *1*, на которой закреплены фасонные губки *7*, *8*, *10* и *13*, на концах которых впаяны шарики *5*, *9*, *11*, *12* диаметром 12 мм. По штанге перемещается рамка *15* с губками *7* и *13*. На лицевой стороне рамки имеется квадратное окно, ■ которое установлен нониус *4* с ценой деления 0,05 мм. Рамка соединена микровинтом *2* с гайкой *3*, установленной ■ прорезе хомутика *17*. Установив на размер, рамку *15* и хомутик *17* закрепляют винтами *14* и *16*. При этом надо помнить, что штангенкалибр своими наружными фасонными губками *7* и *8* может измерять паз типа ласточкин хвост при условии свободного прохождения шариков, минимальный охватывающий размер которых при полном сдвиге губок составляет обычно $(L_1 + L_2) =$

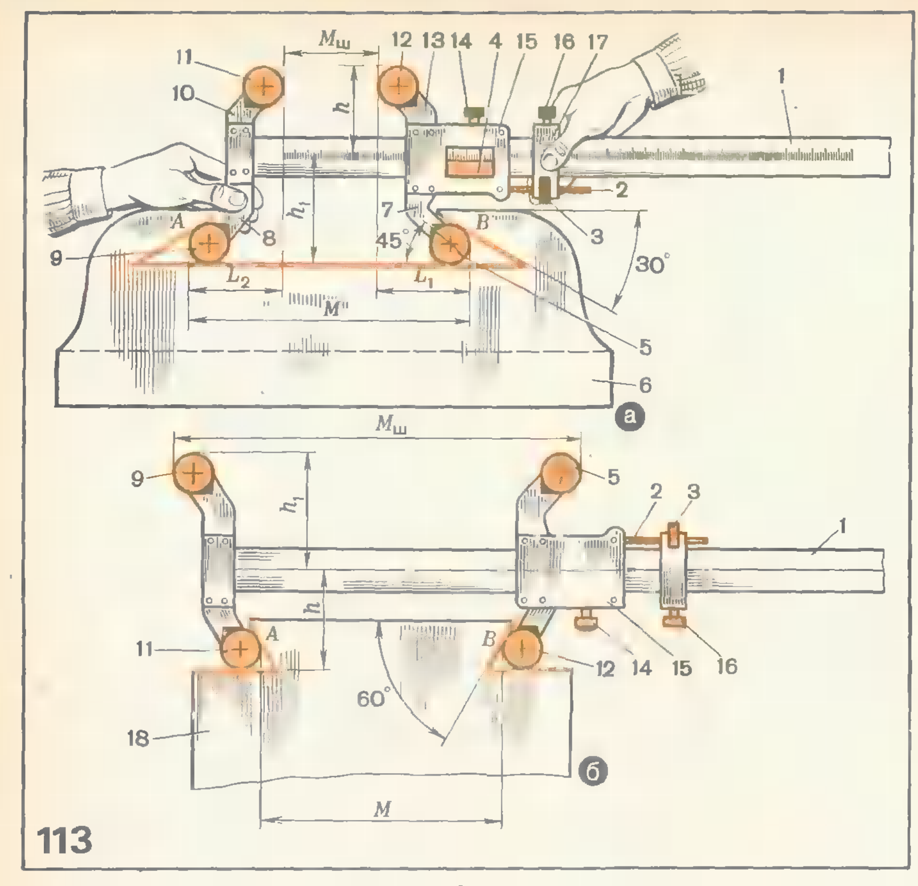



**Рис. 113.**
**Способы измерения профиля детали типа ласточкин хвост штангенкалибром:**
■ — внутреннего паза; ■ — наружного профиля

**Рис. 114.**
**Обработка пуансона:**
■ — профиль пуансона; *б*—*д* — приемы фрезерования; *е* — способ измерения с помощью микрометра ■ двух роликов

$=60\pm4$ мм. Этот размер является конструктивным и зависит от формы фасонных губок, размеров шариков и штангенкалибра.

Более точное измерение размеров паза можно достигнуть, контролируя размер $M_ш$, например с помощью мерных концевых плиток.

Размер $M_ш$, фиксируемый на штангенкалибре при измерении детали *6*, определяют с учетом размеров $L_1$ и $L_2$, которые равны обычно $30\pm$ $\pm0{,}02$ мм. При измерении размера $M$ паза типа ласточкин хвост (см. рис. 113, *а*) $M_ш = M - (L_1 + L_2)$.

Для контроля выступов типа ласточкин хвост используют вогнутые губки *11* и *12* штангенкалибра. В этом случае для повышения точности обработки также можно использовать наружный охватывающий раз-

мер $M_ш$ и отогнутые губки *5* и *9*. Размер $M_ш$ при этом определяют как сумму размеров $M$ и $L_1+L_2$, т. е. $M_ш=M+(L_1+L_2)$.

На рис. 114, а представлен профиль пуансона, контроль которого осуществляется с использованием роликов. Для нахождения диаметра контрольного ролика производим следующие расчеты.

Находим углы:

$$\alpha = 180^\circ - \angle ebc,$$

где

$$\operatorname{tg} \angle ebc = \frac{ec}{be} = \frac{2(L_1 - L_2)}{H_1 - H_2}.$$

$$\beta = 180^\circ - \angle ecb - \angle dcf,$$

где

$$\operatorname{tg} \angle dcf = \frac{fd}{fc} = \frac{H_3 - H_2}{2(L_2 - L_3)}.$$

Радиус контрольного ролика $R$ определяют из $\triangle bOk$ и $\triangle Okc$.

$$bc = bk + kc,$$

где

$$bk = R\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2};\ kc = R\operatorname{ctg}\frac{\beta}{2}$$

или

$$bc = R\left(\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2} + \operatorname{ctg}\frac{\beta}{2}\right);\ R = \frac{bc}{\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2} + \operatorname{ctg}\frac{\beta}{2}},$$

где

$$bc = \sqrt{(be)^2 + (ec)^2} = \sqrt{\left(\frac{H_1 - H_2}{2}\right)^2 + (L_1 - L_2)^2}.$$

Искомый контрольный размер $M$ определяют по формуле

$$M = H_1 + 2mb + 2R.$$

Учитывая, что $mb=bk=R\operatorname{ctg}\alpha$, получим

$$M = H_1 + 2R\left(1 + \operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2}\right).$$

Для обработки поверхностей $cd$ необходимо знать угол $\gamma$, который определяют по формуле (см. рис. 114, *а*)

$$\operatorname{tg}\gamma = \frac{cf}{df} = \frac{2(L_2 - L_3)}{H_3 - H_2}.$$

Пуансоны *3* обрабатывают из круглой точно прошлифованной по наружному диаметру и по торцу заготовки, на которой размечают весь оформляющий его контур. Вначале размечают наружные размеры $L$, $L_1$, $L_2$, $L_3$, $H$, $H_1$, $H_2$, $H_3$ и углы $\alpha$ и $\beta$, сопряженные с точками $b$, $c$ и $d$, и получают линейно-угловой профиль впадин, которые контролируют двумя роликами *8*.



Ввиду сложности профиля и большого припуска процесс обработки разбивают на операции. При этом необходимо следить за тем, чтобы в местах переходов и в углах сопряжений не образовались гребешки или прорези.

Прежде чем приступить к фрезерованию плоскости на заготовке пуансона *3* (рис. 114, *б*, операция I), необходимо в первую очередь проверить крепление винтом *6* пуансона *3* в тисках *2*, и закрепить их болтами *7* на столе *1* вертикально-фрезерного станка. После этого подводят фрезу *5* к боковой стороне заготовки пуансона *3* и фрезеруют поверхность $ld$, не доходя до поверхности $ba$ 1—2 мм. Затем заготовку пуансона переворачивают в тисках *2* и этим же способом фрезеруют другую его сторону, выдерживая размер $H_3$ с припуском 0,1—0,2 мм на следующие операции. После этого заготовку пуансона *3* поворачивают в тисках и устанавливают по угольнику *9* с широким основанием (рис. 114, *в*, операция II) в такое положение, чтобы плоскость $ll$ точно прилегала к плоскости угольника, и закрепляют пуансон в тисках *2*. Вначале фрезеруют прямолинейную поверхность $dl$, а затем и поверхность $ab$. После этого пуансон переворачивают в тисках и устанавливают по угольнику *9*, закрепляют его в тисках и фрезеруют вторую сторону, выдерживая размеры $dl$ и $ab$ с припуском 0,05—0,1 мм. Убедившись, что обработка осуществлена правильно, переходят к операции III (рис. 114, *г*). Для этого заготовку в тисках поворачивают и устанавливают по специальному угломеру *10* так, чтобы угломерная шкала *11* совпала с нониусом *12* и соответствовала углу $\alpha$.

Затем фрезеруют поверхность $bc$ во впадине заготовки пуансона *3*. После обработки одной поверхности $bc$ заготовку переворачивают и фрезеруют другую поверхность $bc$. Убедившись, что поверхности $bc$ с обеих сторон обработаны точно, не меняя установку тисков, поворачивают заготовку на угол $\gamma$ и устанавливают на пластине *16* (рис. 114, *д*, операция IV); осуществляют обработку поверхности $cd$, периодически проверяя профиль пуансона по выработкам и шаблону. После этого, пуансон *3* закрепляют в параллельных тисках *2*, устанавливают их на плиту *15* и укладывают во впадины пуансона два контрольных ролика *8*. Микрометром *14* измеряют размер $M$ (рис. 114, *е*) согласно приведенным вспомогательным расчетам (см. рис. 114, *а*).

На рис. 115 представлена обработка пуансона сложного профиля типа ласточкин хвост, образованного дугой окружности радиуса $R$ и двумя прямыми. Для определения контрольного размера $M$ (рис. 115, *а*) осуществляем соответствующий расчет.

Из $\triangle AO_1N$ имеем

$$\frac{M}{2} + \frac{d}{2} = AO_1 \sin \angle O_1AN,$$

откуда $M = 2\left(AO_1 \sin \angle O_1AN - \frac{d}{2}\right)$,
где $d$ — диаметр ролика.

Угол $O_1AN$ найдем из $\triangle AO_1E$. Согласно теореме синусов

$$\frac{AO_1}{\sin \angle AEO_1} = \frac{AE}{\sin \angle AO_1E}.$$

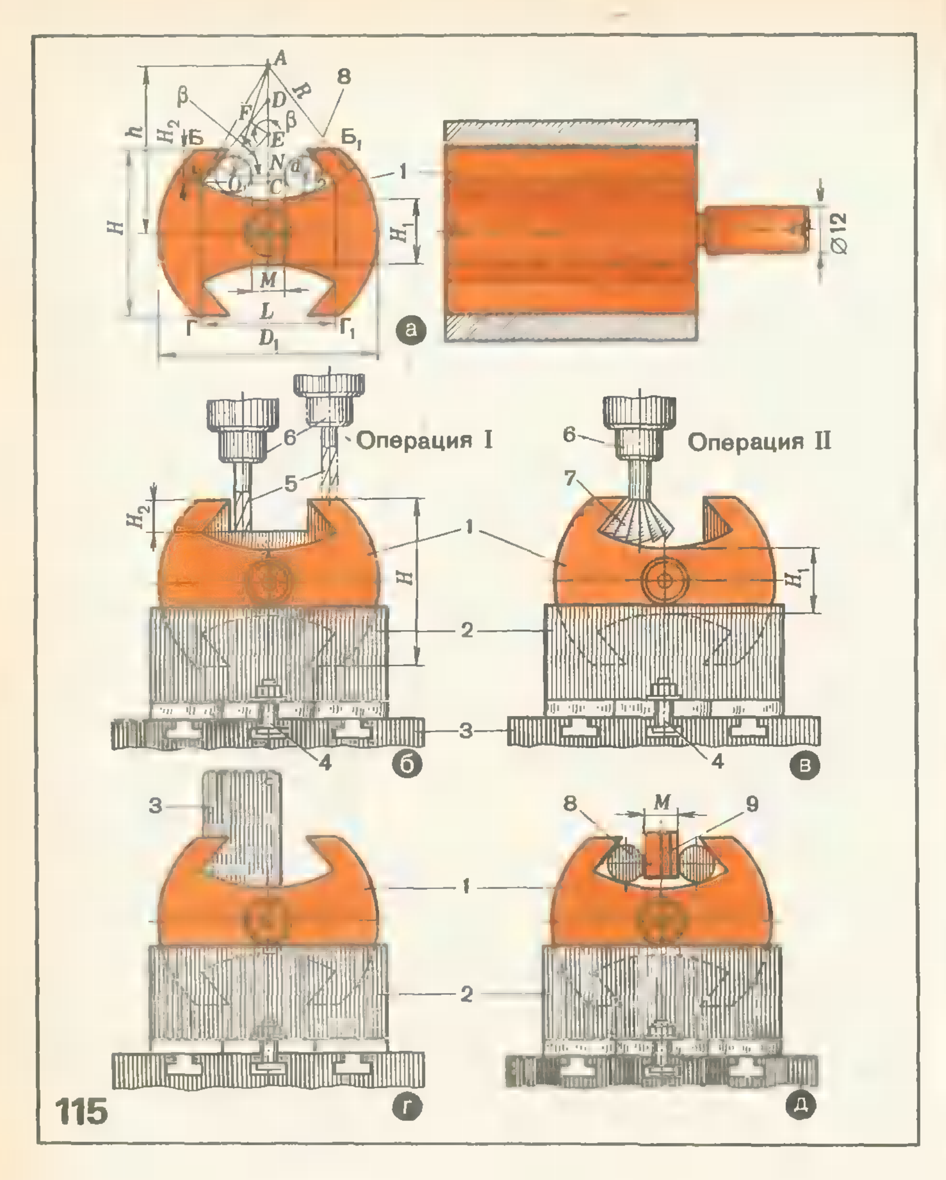



**Рис. 115.**
**Обработка пуансона [illegible] профиля, образованного дугой окружности радиуса $R$ [illegible] двумя прямыми:**

*а* — деталь, *б* [illegible] приемы обработки; [illegible] способ контроля выработкой; [illegible] [illegible] помощью двух роликов и блока концевых мер



где

$$\angle AEO_1 = 90^\circ + \beta;$$

$$AE = AC - CD + DE; \quad AC = \sqrt{R^2 - 0{,}25L^2};$$

$$CD = 0{,}5L\,\mathrm{tg}\,\beta;$$

$$DE = \frac{0{,}5d}{\cos\beta}; \qquad \angle O_1AN = 180^\circ - \angle AEO_1 - \angle AO_1E$$

или

$$\sin\angle AO_1E = \frac{AE\sin\angle AEO_1}{AO_1} = \frac{\left[\sqrt{R^2 - 0{,}25L^2} - 0{,}5L\,\mathrm{tg}\,\beta + \frac{0{,}5d}{\cos\beta}\right]\sin(90^\circ + \beta)}{R - 0{,}5d}$$

На рис. 115, *б*, [illegible] показан прием обработки пуансона на фрезерных операциях. До осуществления этих операций необходимо круглую заготовку прошлифовать по наружному диаметру $D_1$ с припуском 0,1—0,15 мм, отрезать технологический центр диаметром 12 мм [illegible] прошлифовать торцы. После этого размечают контур пуансона (с двух сторон) берут за базу диаметр $D_1$, размеры $H$, $h$ и радиус окружности $R$ с центром [illegible] точке $A$, [illegible] угол $\beta$. При этом нужно учитывать диаметр роликов *8*, между которыми установлен размер $M$. Затем заготовку пуансона *1* устанавливают в тиски *2* [illegible] закрепляют их болтами *4* на столе *3* станка (рис. 115, *б*, операция I). После этого подводят концевую фрезу *5* и фрезеруют вначале одну поверхность $ББ_1$ и паз на глубину $H_2$. Затем переворачивают заготовку и фрезеруют вторую поверхность $ГГ_1$, выдерживая размер $H$ с припуском на последующую обработку. Концевую фрезу *5* снимают со шпинделя *6* и устанавливают специальную грибковую радиусную фрезу *7* меньшего размера, чем размер $R$ (см. рис. 115, *а*) профиля пуансона. Операция фрезерования больших радиусов $R$ (рис. 115, *в*, операция *II*) осуществляется за несколько переходов.

В процессе фрезерования необходимо периодически проверять шаблоном обрабатываемый профиль (см. рис. 115, *г*, *д*), [illegible] размер $M$ контролировать с помощью двух роликов *8* и блока плиток концевых мер *9* с учетом припуска на окончательную обработку.

## § 3. Приемы фрезерования выпукло-вогнутых сопряженных профилей деталей

Весьма часто [illegible] сложных штампах и пресс-формах встречаются матрицы [illegible] пуансоны, имеющие выпукло-вогнутые сопряженные поверхности. Расчет вспомогательных размеров и обработка таких деталей имеет ряд особенностей.

На рис. 116, [illegible] показан профиль детали с контрольными размерами $h_1$ и $h_2$, используемые при измерении углового паза. Нахождение размера $h_1$, определяющего точность выполнения заданного чертежом размера $H_1$, производят с помощью следующих построений. Из центра

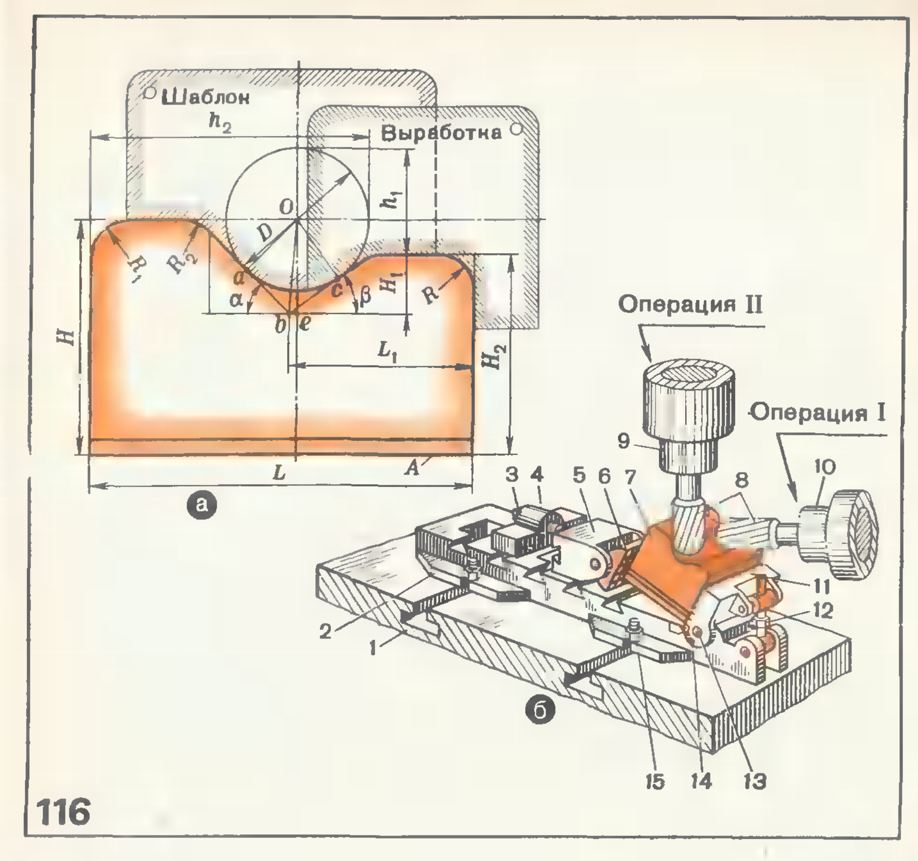



**Рис. 116.**
**Обработка пуансона вогнуто-выпуклого профиля:**
[illegible] схема для вспомогательного технологического расчета; *б* — прием обработки

контрольного ролика опускаем перпендикуляры на обе стороны углового паза *oa* и *oc*. Искомую высоту $h_1$ определяют следующим образом:

$$h_1 = 0{,}5D + Oe - H_1;$$
$$Oe = Ob \sin < Obe;$$

$$Ob = \frac{Oc}{\sin \angle Obc} = \frac{0{,}5D}{\sin \frac{180 - (\alpha + \beta)}{[illegible]}}; \quad \angle Obe = \angle Obc + \beta = \frac{180 - (\alpha - \beta)}{2}.$$

Из тех же построений следует, что

$$h_2 = L - L_1 + be + 0{,}5d,$$

но из треугольника *Oeb* следует, что

$$be = Ob \cos \angle Obe.$$



П р и м е р. Требуется проверить правильность выполнения профиля пуансона, если известно, что

$$L = 120 \text{ мм}, \ L_1 = 60 \text{ мм}; \ H = 80 \text{ мм}, \ H_1 = 18 \text{ мм},$$
$$H_2 = 62 \text{ мм}, \ [illegible] = 46, \ \beta = 42. \ D = 20 \text{ мм}.$$

$$\angle Obe = \frac{180 - 46 + 42}{2} = 88;$$

$$Ob = \frac{0{,}5 \cdot 20}{\sin \frac{180^\circ - (46 + 42)}{2}} = \frac{0{,}5 \cdot 20}{0{,}719} = 13.90 \text{ мм};$$

$$Oe = 13{,}9 \cdot 0{,}9993 = 13{,}89 \text{ мм};$$
$$h_1 = 0{,}5 \cdot 20 + 13{,}89 - 18 = 5{,}89 \text{ мм};$$
$$be = 13{,}9 \cdot 0{,}0349 = 0{,}485 \text{ мм};$$
$$h_2 = 120 - 60 + 0{,}485 + (0{,}5 \cdot 20) = 70{,}48 \text{ мм},$$

Перед началом фрезерования детали со сложным выпукло-вогнутым профилем (см. рис. 116, *а*) необходимо проверить наружные размеры $L$ и $H$ и разметить [illegible] оформляющий контур согласно расчетным размерам $h_1$, $h_2$, $L_1$, приняв за базу поверхность $A$ [illegible] вписанную окружность диаметром $D$. На стол станка (рис. 116, *б*) устанавливают универсальные тиски с поворотной губкой и закрепляют болтами *15* с двух сторон их обойму *2*. Затем вращая (ключом) шестигранник болта *12*, устанавливают угол β по шкале *14* поворотной губки *11*, шарнирно соединенной осью *13* с бабышкой обоймы *2*. Из ласточкообразного паза вынимают стойку *4* с винтом *3*, перемещают (от руки) по обойме ползун *5* с поворотной губкой *6* и устанавливают заготовку пуансона *7* между губками *6* и *11*. Затем вставляют ласточкообразный выступ стойки *4* с винтом *3* в пазы обоймы *2* и ползуна *5*, вращают винт *3* и закрепляют заготовку пуансона *7*. Убедившись, что заготовка пуансона *7* жестко закреплена в тисках, [illegible] шпиндель *10* устанавливают специальную концевую фрезу *8*, торцовые режущие кромки которой расположены на полусфере радиусом, равным $\frac{D}{2}$. Подводят инструмент к заготовке пуансона *7*, фрезеруют наклонную поверхность под углом β (операция I) и вогнутую поверхность (операция II, рис. 116, *б*). Затем не меняя установку тисков с заготовкой пуансона *7*, вынимают фрезу из горизонтального шпинделя и вставляют ее [illegible] шпиндель *9* вертикальной головки станка. После этого осторожно опускают шпиндель *9* с фрезой *8* и фрезеруют вогнутую поверхность *ac* (операция II), периодически проверяя обрабатываемый профиль выработкой и шаблоном. Поверхности радиусами $R$, $R_1$ [illegible] $R_2$ обрабатывают специальной грибковой радиусной фрезой и проверяют шаблоном или радиусомером.

Основные схемы для определения координат точки сопряжения дуги с двумя наклонными прямыми изображены на рис. 117, *а*.

П р и м е р. Даны $R$, $R_1$, $H$, $H_1$, $H_2$, $H_3$, $L$, $L_1$, $L_2$; требуется найти α и β и контро[illegible] размер [illegible] при заданном диаметре $D$ контрольного шарика.

Для нахождения угла [illegible] производим вспомогательны[illegible] построения. [illegible]единяем точки $O_1$ и $O_2$. Из точки $O_1$ проводим горизонталь до пересечения с вертикалью, опущенной и[illegible]

точки $O_2$ [redacted] прямую, параллельную стороне $MN$. Получим $\Delta AO_1O_2$ и $\Delta O_2O_1B$, из которых находим угол $\alpha$, [redacted] сумму углов при общей вершине $O_1$.

[redacted] $= \angle O_2O_1B + \angle AO_1O_2;$

$$\angle O_2O_1B = \operatorname{arctg}\frac{O_2B}{O_1B} = \operatorname{arctg}\frac{H_2 - H_3}{L_1 - L_2};$$

$$\angle AO_1O_2 = \arcsin\frac{AO_2}{O_1O_2} = \arcsin\frac{R - R_1}{\sqrt{(L_1 - L_2)^2 + \left(\frac{H_2 - H_1}{2}\right)^2}};$$

$$\beta = 90^\circ - (\angle CDO_2 + \angle O_2DE);$$

$\angle O_2DE = \operatorname{arctg}\dfrac{(H_2 - H_1)}{2(L}$ [redacted] $- L$ [redacted]$)$;

$$\angle CDO_2 = \arcsin\frac{O_2C}{O_2D} = \arcsin\frac{(H - H_2)}{2\sqrt{\left(\frac{H_2 - H_1}{2}\right)^2 + (L_2 - L_3)^2}}$$

Контрольный размер [redacted] находится следующим образом:

$$h = L - L_3 + DK + 0{,}5D,$$

где $D$ — диаметр контрольного шарика.

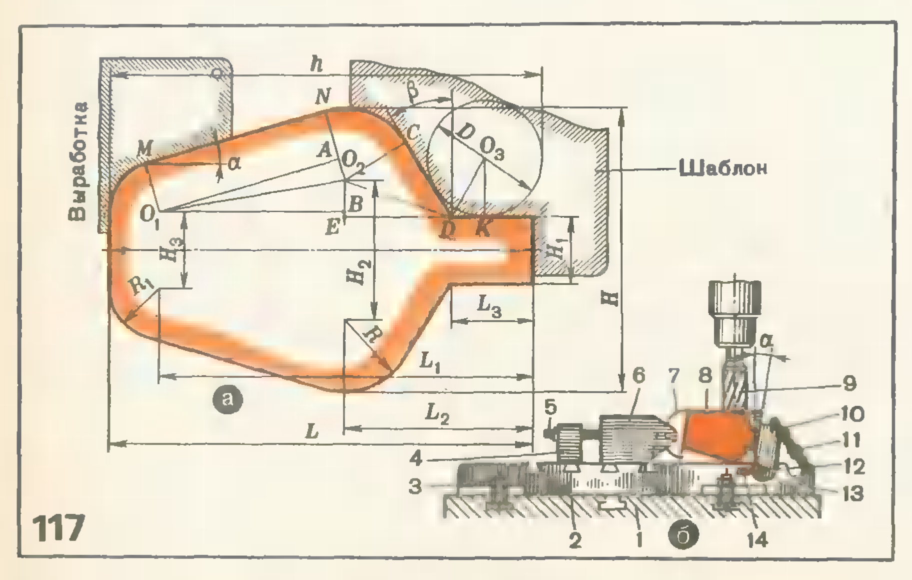



**Рис. 117. Обработка** [redacted] **профи-**[redacted] **пуансона вырубного** [redacted]

а — схема [redacted] вспомогательного технологического расчета; б — прием фрезерования наклонной поверхности пуансона в тисках [redacted] поворотными губками



$$DK = \frac{O_3K}{\operatorname{tg}\angle DO_3K} = \frac{0{,}5D}{\operatorname{tg}\angle DO_3K};$$

$$\angle DO_3K = \frac{90^\circ + \beta}{2}.$$

На рис. 117, *б* показан другой прием обработки сопряженного профиля пуансона, закрепленного [redacted] тисках с поворотной головкой. В данном случае заготовку точно размечают по всему контуру, выдерживая размеры $L$, $L_1$, $L_2$, $L_3$, $H$, $H_1$, $H_2$, $H_3$, а также углы $\alpha$ и $\beta$, используя при этом рассчитанные вспомогательные размеры.

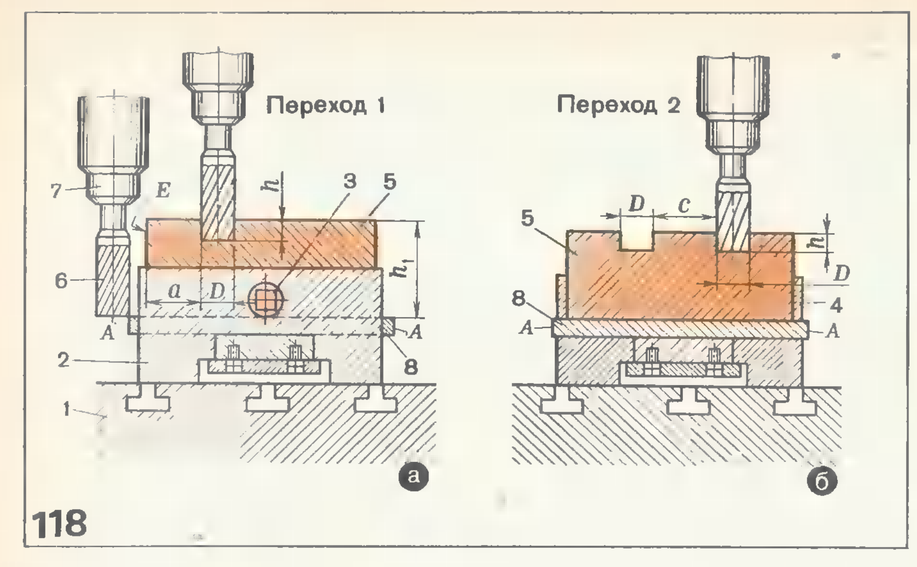
Прежде чем приступить к обработке наклонных поверхностей под углом $\alpha$ на профиле заготовки пуансона *8*, нужно повернуть (от руки) упорный болт *11* и установить по шкале *13* и нониусу *14* поворотную губку *10* на угол $\alpha$. Затем проверяют крепление обоймы *2* тисков на плите *1* и устанавливают между губками *7* и *10* заготовку пуансона *8*, закрепляя винтом *5* стойку *4* и ползун *6*. В шпиндель вставляют концевую фрезу *9* и, подводя ее [redacted] заготовке пуансона *8*, обрабатывают вначале поверхность $MN$ (рис. 117, *а*), затем переворачивают [redacted] тисках заготовку и фрезеруют вторую наклонную поверхность. Не меняя установки тисков и фрезы *9*, по шкале *13* и нониусу *14* устанавливают угол $\beta$ и фрезеруют на заготовке пуансона наклонную поверхность $CD$ и параллельную плоскость $DK$ на длину $L_3$, выдерживая [redacted] размер $H_1$ по микрометру с учетом припуска на последующую операцию. При обработке периодически проверяют по шаблону и выработкам профиль пуансона. Радиусы $R$ и $R_1$ обрабатывают специальными радиусными фрезами или на слесарной операции. Контроль угла $\beta$ производят роликом диаметром $D$.

## § 4. Приемы фрезерования прямоугольных [redacted] Т-образных пазов

При фрезеровании прямоугольных пазов диаметр концевой фрезы должен быть равен ширине фрезеруемого паза, если биение торцовых зубьев фрезы отсутствует. При наличии биения зубьев фрезы размер профрезерованного паза будет соответственно больше размера диаметра фрезы $D$.

На рис. 118, [redacted] показан порядок установки концевой фрезы от технологической базы $AA$ планки *8*, на которой расположена заготовка *5*, закрепленная винтом *3* между губками *4* параллельных тисков. Фрезу *6* подводят [redacted] технологической базе $AA$ до соприкосновения с ней, затем фрезу подводят до касания боковой поверхности заготовки $E$. Стол *1* перемещают на размер $h_1$ и $a + D$. Как только фаза коснется верхней поверхности заготовки, ее опускают с помощью вертикальной подачи шпиндельной головки и фрезеруют паз на глубину $h$. Закончив предварительное фрезерование паза с припуском 0,2—0,5 мм, переходят [redacted] фрезерованию второго паза (переход *2*, рис. 118,*б*) выдерживая размер $c$ и $h$.

На рис. 119 показана последовательность обработки после разметки Т-образного паза детали [redacted] тисках, закрепленных на столе *1* вертикаль-



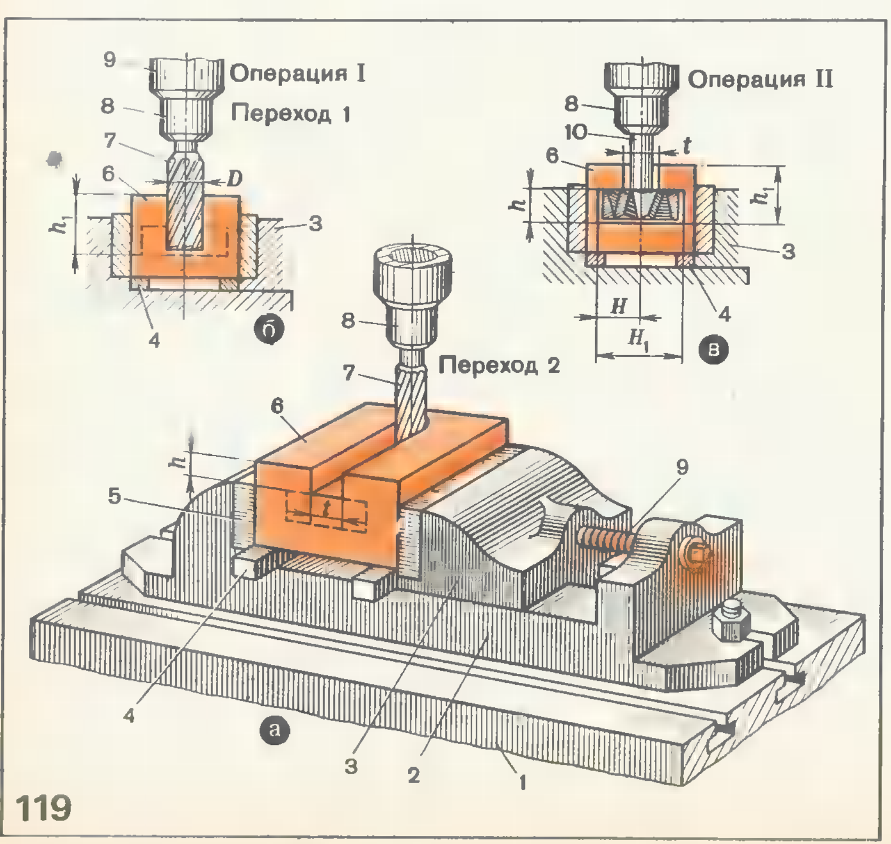




**Рис. 118.** **Фрезерование прямоугольных пазов:**
а – установка фрезы; б – прием фрезерования

**Рис. 119.** **Фрезерования Т-образного паза:**
а – закрепление детали в тисках; б, в – приемы фрезерования

**Рис. 120.** **Обработка пуансона:**
а – чертеж пуансона для вспомогательных технологических расчетов; б – фрезерование наклонных поверхностей, в – фрезерование радиусных поверхностей

но-фрезерного станка. Перед началом работы между губками 3 и 5 укладывают планки 4 и заготовку 6 и закрепляют винтом 9. Затем в шпиндель 8 устанавливают концевую фрезу 7 и предварительно фрезеруют паз в размер $t$ и $h$ (операция I, переход 1). Опускают фрезу 7 и фрезеруют

паз на глубину $h_1$ (операция I, переход *2*, рис. 119, *б*). Затем снимают концевую фрезу *7* и устанавливают Т-образную фрезу *10*, поднимают стол *1* (рис. 119, *а*), и как только фреза коснется нижней линии размера $h_1$, вращая маховичок поперечной подачи стола, осторожно врезаются в заготовку *6*. При обработке необходимо следить за тем, чтобы хвостовик фрезы вошел в обработанный паз и не задел его обработанной поверхности. По плиткам концевых мер проверяют размеры $H$ и $h$, т. е. нет ли смещения сторон профиля паза в пуансоне *6*.

Рассмотрим обработку наклонных поверхностей пуансона с помощью синусных тисков. Прежде чем приступить к обработке пуансона *1* (рис. 120), необходимо разметить на квадратной заготовке его профиль. На стол *4* горизонтально-фрезерного станка (рис. 120, *б*, операция I) устанавливают угольник *5*. Угольник *5*, шарнирно соединенный осью *8* с синусными тисками *9*, закрепляют болтами *6*. Ролик *2* синусных тисков установлен на два блока плиток *3* и закреплен болтами *7*. После этого в тиски *9* устанавливают заготовку пуансона *1* и закрепляют ее губкой *11* и винтом *10*. Проверив крепление концевой фрезы *12* в шпинделе *13*, с помощью маховичков продольного и вертикального перемещений стола подводят фрезу *12* к заготовке пуансона *1* и обрабатывают вначале наклонную поверхность *BC*, после этого пересчитывают размер блока плиток концевых мер для необходимого угла и укладывают их на место блока плиток *3*. Заготовку пуансона, установленную в тисках, переворачивают и закрепляют. После этого обрабатывают наклонную поверхность *ED*, при этом периодически контролируют штангензубомером *14* профиль пуансона (см. рис. 120, *а*). Закончив обработку наклонных поверхностей пуансона, его устанавливают в тиски *8* (рис. 120, *в*) и закрепляют винтом *3* подвижную губку *4*. Затем тиски с пуансоном устанавливают на стол *1* вертикально-фрезерного станка и закрепляют болтами *2*. После этого в шпиндель *6* головки устанавливают радиусную фрезу *7*. Вначале получают закругление вершины *F* (операция II), затем, не меняя установки пуансона в тисках *8*, фрезу *7* с помощью маховичков продольного и поперечного перемещений стола перемещают и получают закругление вершины *A*. При этом периодически проверяют величину $R$ шаблонами или радиусомерами.

На рис. 121, *а* представлен профиль пуансона, для которого необходимо определить расстояние $A$ между центрами окружностей, если две дуги окружностей диаметрами $D_1$ и $D_2$ соединены касательной, наклоненной под углом $\alpha$. В данном случае известны размеры $H$, $H_1$, $H_2$, $D_1$, $D_2$ и угол $\alpha$. Искомый размер

$$A = h_1 + h_2 + h_3.$$

Для определения размеров $h_1$, $h_2$ и $h_3$ произведем следующие построения. Из центров окружностей $O_1$ и $O_2$ опустим перпендикуляры на стороны $AC$, $CE$ и $CD$, а также соединим центр $O_1$ с точкой $C$ и $O_2$ с точкой $F$.

Тогда из $\Delta BCO_1$ $h_1 = \frac{D_1}{2} \text{tg} \frac{\alpha}{2}$;

из $\Delta CDF$ $h_2 = \frac{H_2}{\text{tg}\alpha}$;

из $\Delta O_2FK$ $h_2 = \frac{D_2}{2} \text{tg} \frac{\alpha}{2}$.



Пример. Требуется проверить правильность выполнения профиля пуансона, если известно $H_2 = 35$ мм; $D_1 = 10$ мм; $D_2 = 20$ мм; $\alpha = 60$

Находим:

$$h_1 = \frac{10}{2} \text{tg} 30° = 2{,}88 \text{ мм}; \quad h_2 = \frac{35}{\text{tg} 60} = 20{,}21 \text{ мм};$$

$$h_3 = \frac{20}{2} \text{tg} 30 = 5{,}77; \quad A = 2{,}88 + 20{,}21 + 5{,}77 = 28{,}86 \text{ мм}.$$

Перед началом обработки профиля пуансона нужно в первую очередь прошлифовать заготовку, выдержав размеры $L$ и $H$. Затем на стол *1* станка устанавливают тиски *2* и закрепляют их болтами *3*. По контрольному угольнику в тиски устанавливают заготовку пуансона *4* и закрепляют ее винтом. Затем с помощью маховичков продольного и поперечного перемещений стола подводят концевую фрезу *5* и фрезеруют уступ (рис. 121, *б*, операция I) на глубину 0,5 $(H - H_1)$ и длину $L_1$. Заготовку пуансона переворачивают в тисках и фрезеруют вторую сторону. Закончив обработку двух параллельных поверхностей и не меняя установки заготовки в тисках, из шпинделя вынимают концевую фрезу *5* и устанавливают радиусную грибковую фрезу *6*. Фрезеруют закругление $R = \frac{D_2}{2}$ с двух сторон. Затем заготовку пуансона *4* слегка зажимают в тисках, а на стол станка устанавливают основание *11* специального угломера. Линейку *7* угломера подводят к плоскости пуансона *4* и устанавливают по нониусу *8* и шкале угломерного сектора *9* угол $\alpha$ и закрепляют сектор барашком *10*. Убедившись, что заготовка установлена в тисках точно по угломеру, ее закрепляют. Затем со шпинделя снимают грибковую фрезу и устанавливают концевую фрезу *7* со сферической головкой диаметром $D_1$, после чего фрезеруют поверхность, расположенную под углом $\alpha$ (рис. 121, *в*, операция III). Заготовку переворачивают в тисках и фрезеруют такую же поверхность на второй стороне пуансона; при этом следят за тем, чтобы фреза *6* не испортила ранее обработанные поверхности.

На рис. 122 изображен другой прием обработки профиля пуансона, для которого с помощью вспомогательных расчетов необходимо определить угол наклона $\alpha$ касательной к двум дугам, при этом известны величины $H_1$, $L_1$, $R$ и $r$.

Для нахождения угла $\alpha$ рассмотрим треугольник $\Delta aO_1b$, $\Delta O_1bc$ и $\Delta O_1O_2d$.

$$\angle\alpha = \angle bcO_1 = 90° - \angle bO_1k + \angle cO_1O_2; \quad \angle cO_1O_2 = \text{arctg}\frac{H_1}{L_1};$$

$$\angle bO_1k = 90 - \angle bkO_2; \quad \angle bkO_1 = \arcsin\frac{O_1b}{O_1k} = \arcsin\frac{R}{O_1k}$$

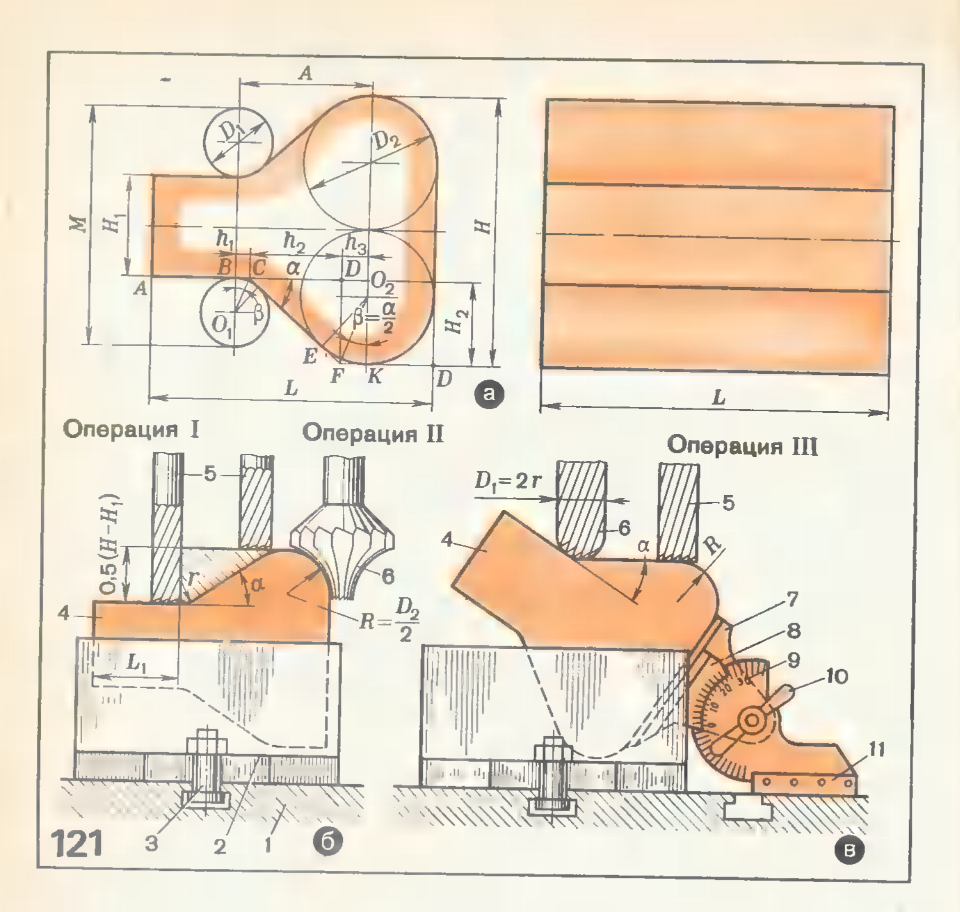
На основании подобия $\Delta O_1bk$ и $\Delta O_2mk$ можно записать, что

$$\frac{O_1k}{O_2k} = \frac{O_1b}{O_2M} = \frac{R}{r},$$

где

$$O_2k = O_1O_2 - O_1k;$$

$$O_1O_2 = \frac{H_1}{\sin\angle cO_1O_2}.$$




Тогда

$$O_1k = \frac{H_1 R}{(R + r)\sin \angle cO_1O_2}$$

Пример. Требуется определить угол ■ профиля пуансона, если известно, что $H_1 = 10$ мм. $L_1 = 54$ мм, $R = 21$ мм, $r = 10$ мм.

$$\angle cO_1O_2 = \operatorname{arctg}\frac{10}{54} = 10°29';$$

$$O_1k = \frac{10 \cdot 21}{(21 + 10)\sin 10°29'} = \frac{210}{0,182 \cdot 31} = 37,20 \text{ мм};$$

$$bkO_1 = \arcsin\frac{21}{37,2} = 34°22';$$

■ $= 34°22' - 10°29' = 23°53'$.

Прежде чем приступить к обработке поверхностей пуансона на вертикально-фрезерном станке (рис. 122, *б*), необходимо проверить после шлифования наружный диаметр $D$ заготовки, установить тиски *2* на столе *1* станка и закрепить их болтами *4*. После этого по нанесенной разметке устанавливают заготовку пуансона *5* в тиски *2* с помощью



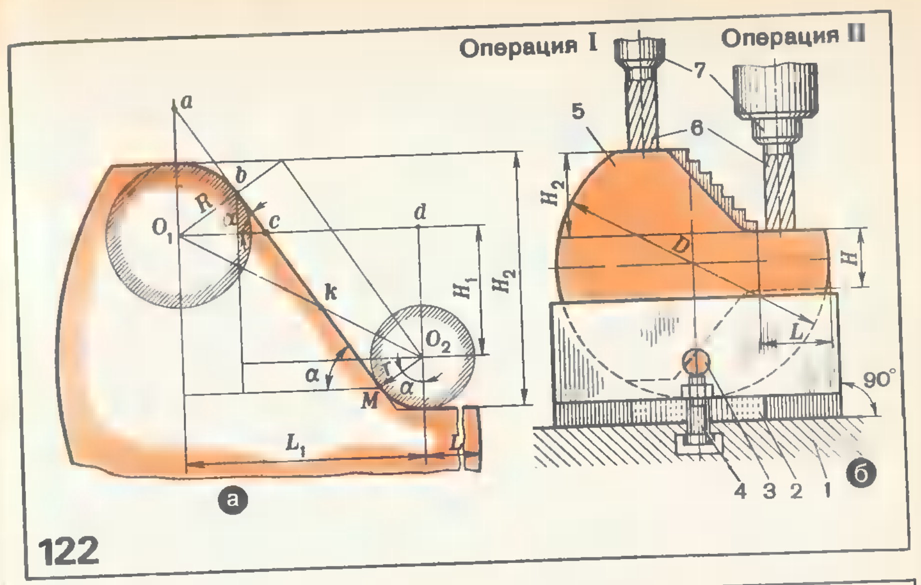



**Рис. 121.**
**Фрезерование пуансона вырубного штампа сложного профиля:**
*а* — схема для вспомогательного технологического расчета; *б*, ■ — приемы фрезерования

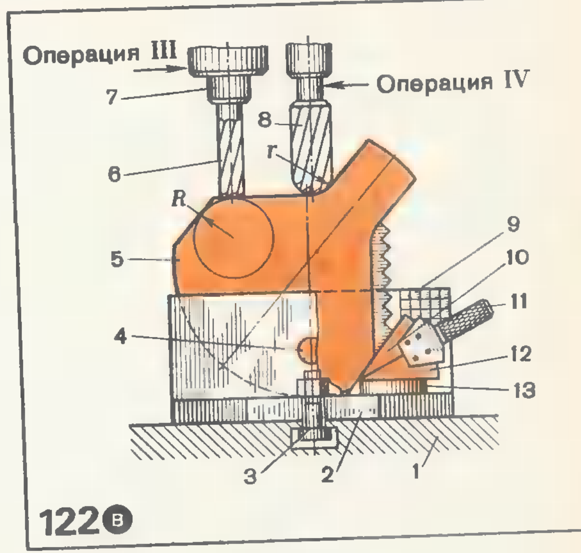



**Рис. 122.**
**Фрезерование профиля пуансона:**
*а* — схема для вспомогательного технологического расчета и приемы фрезерования линейных поверхностей; *б*, ■ — приемы фрезерования наклонных поверхностей и вогнутых дуг на профиле пуансона

контрольного пальца *3* и закрепляют ее. Затем с помощью маховичков продольного и поперечного перемешений стола станка и вертикальной подачи шпиндельной головки *7* (операция I) концевую фрезу *6* устанавливают в исходное положение. После этого с помощью маховичков опускают фрезу *6* (операция II) на размер $H_2$ и фрезеруют поверхность длиной $L$ (см. рис. 122, *а*) до сопряжения с радиусом r (см. рис. 122, *а*), затем переворачивают заготовку пуансона *5* ■ тисках *2* и фрезеруют вторую сторону, выдерживая размеры $H$, $L$ и $H_2$. Убедившись, что стороны пуансона обработаны точно в размер с припуском 0,05—0,1 мм для

окончательной обработки профиля, не меняя установку тисков *2* на столе *1* станка, винтом тисков слегка отводят губку (рис. 122, в, операция III) и поворачивают заготовку пуансона *5*, [redacted] между губками укладывают пластинку *13*. Правой рукой придерживают заготовку, а пальцами левой руки захватывают державку *11* с установленными в ней угловыми плитками *10* и *12*, укладывают их на пластинку *13* и подводят к нижней поверхности заготовку пуансона *5*. Заготовку закрепляют. Проверив установку [redacted] шпиндель *7* концевой фрезы *6*, подводят ее к заготовке пуансона *5* и фрезеруют вначале одну сторону наклонной поверхности под углом $\alpha$, затем заготовку, закрепленную [redacted] тисках, переворачивают и фрезеруют другую наклонную поверхность под углом [redacted] (рис. 122, *в*, операция III). Затем концевую фрезу *6* вынимают из шпинделя *7*, устанавливают другую концевую фрезу *8* с шаровой головкой радиусом *r*. С помощью маховичков продольного и поперечного перемещений стола *1* [redacted] вертикальной подачи шпиндельной головки осуществляют фрезерование радиусного перехода между плоскостями (см. рис. 121, *а*). Очень осторожно фрезеруют вначале одну сторону, затем заготовку переворачивают и фрезеруют другую сторону (рис. 122, [redacted], операция IV) с таким расчетом, чтобы фреза *8* не врезалась [redacted] наклонные поверхности профиля пуансона.

Рассмотрим получение выгнутых и выпуклых дуг профиля детали на горизонтально-фрезерном станке. Прежде чем приступить [redacted] обработке (рис. 123), нужно в первую очередь положить деталь *4* на стол *3* станка и закрепить ее с двух сторон прижима[redacted] *2*, после чего [redacted] шпиндель *1* вставляют оправку *9* [redacted] надевают на нее две фасонные полукруглые выпуклые фрезы с промежуточными кольцами. Для обеспечения размера *L* одно из колец является регулируемым. На оправку *9* и направляющую хобота *10* надевают подвеску (серьгу) *6* [redacted] закрепляют упорной шайбой *7*, гайкой *8* и болтом *11*. После этого с помощью

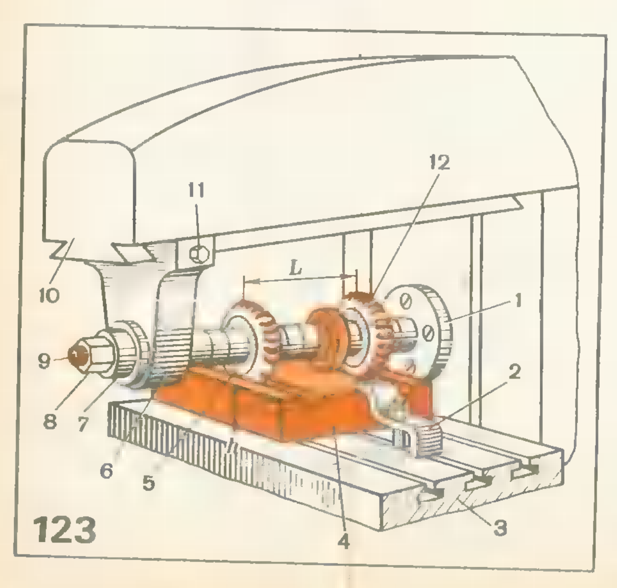



**Рис. 123.**
**Фрезерование двумя фасон[redacted] фрезами [redacted]**



маховичков продольного и попеременного перемещений и вертикальной подачи стола *1* фрезы *5* и *12* подводят к поверхности заготовки детали *4* и очень осторожно начинают фрезеровать, выдерживая размер *h*.

При комплектовании фасонных или дисковых фрез для обработки необходимо проверить их биение на оправке по наружному диаметру, которое не должно превышать 0,03—0,05 мм и только после этого следует осуществлять операцию фрезерования.

### [redacted] 5. Приемы фрезерования деталей сложных профилей [redacted] использованием делительных головок

Делительные головки являются важнейшими принадлежностями фрезерных станков, в особенности универсальных. Они значительно расширяют технологические возможности станков. Делительные головки используют при изготовлении различных инструментов (фрез, разверток, зенкеров, метчиков), нормализованных деталей (головки болтов, грани гаек), при фрезеровании зубчатых колес, пазов и шлицев деталей штампов [redacted] пресс-форм и других деталей. Делительные головки служат для установки оси обрабатываемой заготовки под требуемым углом относительно стола станка, для периодического поворота заготовки вокруг оси на определенный угол (деление [redacted] равные и неравные части), для непрерывного вращения заготовки при нарезании винтовых канавок или винтовых зубьев зубчатых колес.

Делительные головки бывают лимбовые с делительными дисками: для непосредственного деления, простого деления, полууниверсальные и универсальные; безлимбовые (без делительного диска) с зубчатым планетарным механизмом и набором сменных зубчатых колес; оптические (для точных делений и контрольных операций).

Обычно делительные головки изготовляют одношпиндельными. Иногда применяют многошпиндельные (двух- и трехшпиндельные) для одновременной обработки соответственно двух или трех заготовок. Безлимбовые делительные головки позволяют производить процесс деления посредством сменных зубчатых колес (при этом рукоятку делительной головки поворачивают на один или несколько полных оборотов). Конструкция [redacted] кинематическая схема безлимбовой делительной головки значительно сложнее, чем лимбовых.

Широкое применение [redacted] производственной практике нашла оптическая делительная головка типа ОДГ-60, применяемая для выполнения точных угловых делений на профиле деталей.

На рис. 124 показан общий вид [redacted] разрезе по шпинделю оптической делительной головки с высотой центров $H = 130$ мм. Она состоит из корпуса *3*, закрепленного на столе *1* болтами *2*, [redacted] шпинделя *11*, установленного [redacted] подшипниках *4* и *10* в поворотной части *14* головки. Червячное колесо *8* приводится во вращение червяком *13*, связанным с маховичком. Червячное колесо *8*, [redacted] следовательно, [redacted] шпиндель могут быть закреплены [redacted] требуемом положении рукояткой, связанной с прижимной шайбой *12*. Червяк *13* и червячное колесо *8* служат только для поворота шпинделя; их погрешности не оказывают влияния на точность работы головки. Один конец валика с червяком посажен во втулку с эксцентриситетом, что позволяет опускать валик вместе с червяком вниз и,

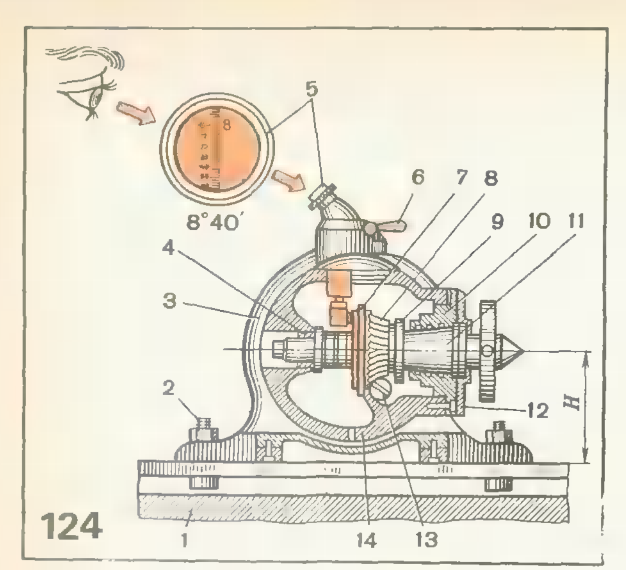



**Рис. 124.**
**Оптическая делительная го-[illegible] мод. ОДГ-60**

расцепив червяк с червячным колесом шпинделя, быстро вручную произвести поворот шпинделя. Внутри корпуса головки имеется стеклянный диск *7*, колесо *8* и шайба *9*, жестко закрепленные на шпинделе *11*. На диске имеется шкала, разделенная на 360°. Сверху головки расположен окуляр *5* с микроскопом, в оптической системе которого имеется неподвижная шкала, состоящая из 60 делений (цена деления 1′). Эти деления видны в окуляре *5* настолько крупно и четко, что при некотором навыке по ним можно вести отсчет с точностью до $^1/_4$ мин. Окулярную систему при необходимости закрепляют рукояткой *6*.

Угол поворота шпинделя определяется так же, как и при непосредственном делении с применением механической головки по формуле

$$\alpha = \frac{360^\circ}{z}.$$

Если задан шаг делений, измеренный по окружности определенного диаметра, то угол поворота определяют по формуле

$$\alpha = \frac{360^\circ t}{\pi D},$$

где $t$ — шаг делений, измеренный по окружности диаметром $D$, мм.

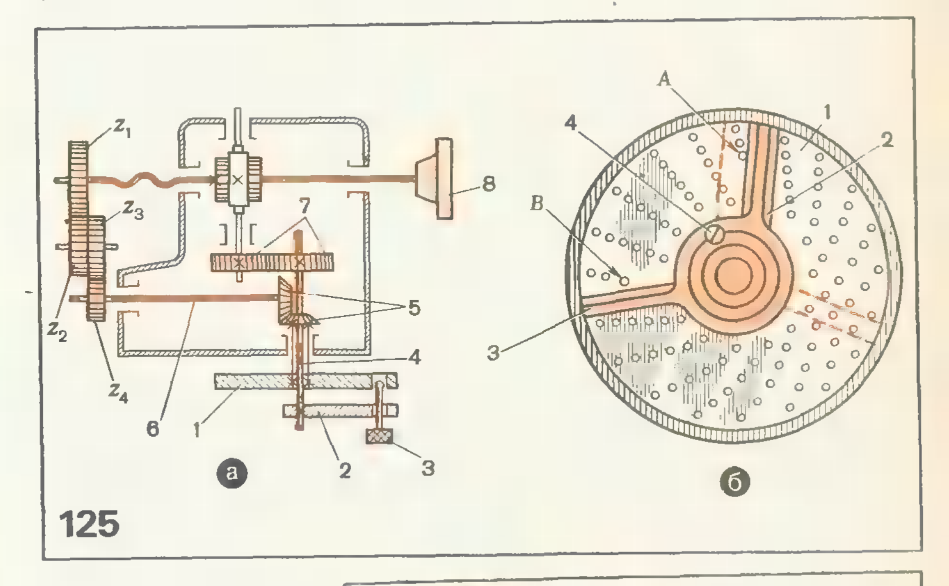
Универсальные делительные головки используют для комплектации фрезерных станков и выпускают различных размеров.

По ГОСТ 8615—69 за основной размер делительных головок принят наибольший диаметр обрабатываемой заготовки $D$. Выпускают шесть типоразмеров головок, имеющих значения, равные 160; 200; 250; 320; 400 и 500 мм.

Каждому размеру станка (по ширине стола) должен соответствовать определенный типоразмер делительной головки. Так, к консольно-фрезерным станкам с шириной стола 320 мм рекомендуется дели-[illegible]ая головка с наибольшим диаметром обрабатываемой заготовки [illegible]0 мм, а к фрезерным станкам с шириной стола 400 мм — делительная головка УДГ с наибольшим диаметром обрабатываемой заготовки $D = 320$ мм и т. д.



На рис. 125, а изображена кинематическая схема универсальной делительной головки, предназначенной как для простого, так и дифференциального деления. Простое деление осуществляют поворотом шпинделя *8* при вращении рукоятки *2* с фиксатором *3* относительно неподвижно закрепленного делительного диска *1*, имеющего концентрические окружности с отверстиями; при этом колеса $z_1$, $z_2$, $z_3$, $z_4$ снимают, и гильза конической пары *5*, а также вал *6* в делении не участвуют.



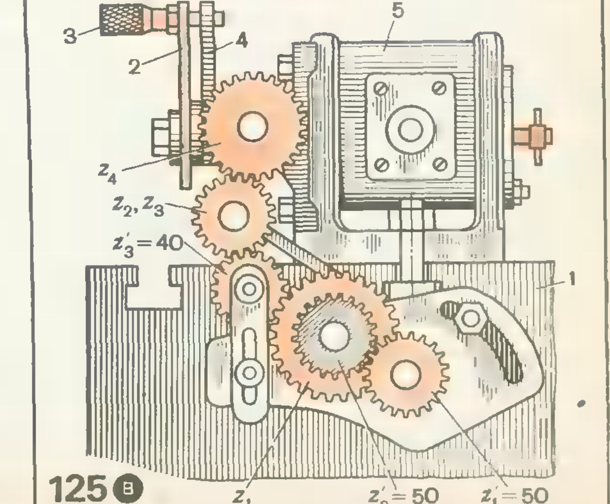




**Рис. 125.**
**Универсальная делительная головка (Мод. Д-250 и Д-320):**
[illegible] кинематическая схема; *б* — делительный диск; *в* — общий вид универсальной делительной головки с гитарой, установленной на столе горизонтально-фрезерного [illegible]

Для удобства отсчета промежутков между отверстиями (или отсчета отверстий) делительного диска 1 служит раздвижной сектор, состоящий из передвижных ножек 2 и 3 с фиксатором 4 (рис. 125, б). Поворот рукоятки передается валом 4 через цилиндрические зубчатые колеса 7 с передаточным отношением $i=1$ и червячную пару с передаточным отношением $i=\frac{1}{40}$ на шпиндель 8 (см. рис. 125, а). Шпиндель при этом должен повернуться на $\frac{1}{Z}$ часть оборота для деления окружности на Z равных частей. Следовательно, уравнение кинематической цепи движения шпинделя

$$n \cdot 1 \frac{1}{40} = \frac{1}{Z},$$

откуда получаем, что

$$n = \frac{40}{Z}.$$

Пусть требуется разделить заготовку на Z частей (например, при фрезеровании зубчатого колеса с z зубьями). Это значит, что после фрезерования каждой впадины требуется повернуть шпиндель вместе с заготовкой на $\frac{1}{Z}$ оборота, следовательно, рукоятку — на $\frac{40}{Z}$ оборотов. Если $Z<40$, то дробь $\frac{40}{Z}>1$ и ее можно написать в виде

$$\frac{40}{Z} = A + \frac{a}{b} = A + \frac{ma}{mb},$$

где A — число полных оборотов рукоятки; a, b — соответственно числитель и знаменатель правильной несокращаемой дроби; m — общий множитель при a и б, выбираемый таким образом, чтобы mb представляло собой число отверстий на какой-либо окружности делительного диска. Тогда ma будет выражать число делений (шагов) на окружности лимба, на которое должна быть повернута рукоятка, дополнительно к числу полных оборотов. Отсчет требуемого поворота обрабатываемой заготовки производится по неподвижному делительному диску, в одно из отверстий которого входит подпружиненный штифт фиксатора. В том случае, если не удается подобрать a и b целыми числами, необходимо деление окружности на Z частей осуществлять с использованием дифференциального деления.

Рассмотрим случай деления заготовки на Z частей, причем $Z>40$, и не может быть осуществлено ни непосредственное, ни простое деление. В этом случае используют дифференциальное деление. Поворот червяка и шпинделя привода головки и приспособления, а следовательно, и обрабатываемой заготовки получается как сумма двух движений: поворота рукоятки головки (а следовательно, и шпинделя) и поворота делительного диска 1 от шпинделя через сменные и постоянные зубчатые колеса. Для осуществления поворота рукоятки вместо заданного числа Z делений принимаем вспомогательное число x делений, которое должно быть таким, чтобы: а) число x было близко к Z (больше или меньше); б) деление на x частей было возможно способом простого деления; в) передаточное отношение i было осуществимо с помощью имеющихся сменных зубчатых колес $z_1$, $z_2$, $z_3$, $z_4$ (см. рис. 125, а).

При делении на x частей число оборотов рукоятки будет

$$n = \frac{40}{x}.$$



При вращении рукоятки и шпинделя делительный диск, связанный с последней передачей,

$$i = \frac{z_1}{z_2} \frac{z_3}{z_4},$$

во время деления повернется на

$$n_д = \frac{1}{Z} i.$$

Очевидно, что в результате этих движений рукоятки число ее оборотов

$$n = \frac{40}{x} + \frac{i}{Z}.$$

При числе оборотов рукоятки, определенном по этой формуле, за операцию деления обрабатываемая заготовка повернется на $\frac{1}{Z}$ часть оборота, что и требуется. При этом рукоятка 2 с фиксатором 3 (см. рис. 125, в) сделает $\frac{40}{Z}$ оборота. Сопоставляя последнее равенство с ранее полученным получим

$$\frac{40}{x} + \frac{i}{Z} = \frac{40}{Z},$$

откуда передаточное отношение сменных зубчатых колес

$$i = \frac{40}{x}(x - Z),$$

где x — вспомогательное число деталей; Z — число требуемых делений.

Если $x>Z$, то $i>0$ (положительное), если $x<Z$, то $i<0$ (отрицательное). Если i положительное, то направление вращения совпадает с обычным направлением вращения рукоятки (по часовой стрелке). При отрицательном i и вращении рукоятки по часовой стрелке диск вращается в обратном направлении (против часовой стрелки). Для обеспечения указанного соотношения направлений вращения рукоятки и делительного диска в набор сменных зубчатых колес вводят паразитные зубчатые колеса, число которых указано в табл. 2.

Универсальная делительная головка часто используется при фрезеровании винтовых канавок. Для настройки головки используют гитару сменных колес, соединяющую ходовой винт продольной подачи стола станка с делительной головкой.

Универсальная делительная головка (рис. 125, в) состоит из корпуса 5, установленного и закрепленного болтами на столе 1 горизонтально-фрезерного станка. После поворота корпуса на определенный угол его закрепляют рукояткой. На корпусе головки установлен кронштейн, который закреплен болтами. На кронштейне смонтированы делительный диск 4, фиксатор 3 и раздвижной сектор 2. На валу механического привода смонтирована червячная передача, соединенная с валиком, на котором установлено сменное колесо $z_4$, закрепленное гайкой.

Гитара применяется для установки сменных зубчатых колес при фрезеровании винтовых канавок. Зубчатые колеса $z_1'=50$, $z_2'=50$ и $z_3'=40$ — постоянные, зубчатые колеса $z_1$, $z_2$, $z_3$ и $z_4$ — сменные.

Рассмотрим в качестве примера использование универсальной делительной головки при фрезеровании зубьев цилиндрических фрез (рис. 126) с винтовыми канавками. Требуется настроить делительную головку для нарезания зубьев цилиндрической фрезы диаметром $D=100$ мм,

Таблица 2

**Число паразитных колес гитары делительной головки при дифференциальном делении**

| Число пар сменных зубчатых колес | При [redacted] 0, т. е. когда $x$ [illegible] $Z$ | При $i<0$, т. е. когда $x<Z$ |
|---|---|---|
| Одна | $z_0$, $z_1$, $z_4$ — I — Одно паразитное колесо (схема *I*) | $z_0''$, $z_0$, $z_1$, $z_4$ — II — Два паразитных колеса (схема *II*) |
| Две | $z_3$, $z_2$, $z_1$, $z_4$ — III — Без паразитных колес (схема *III*) | $z_0$, $z_3$, $z_2$, $z_1$, $z_4$ — IV — Одно паразитное колесо (схема *IV*) |

Примечания: 1. Зубчатое колесо $z_1$ устанавливают [redacted] шпиндельном валике, [redacted] колесо $z_4$ на валике привода головки.
2. Зубчатое колесо $z_0$ на схеме *I* и *IV*, колеса $z_0'$ и $z_0''$ на схеме *II* паразитные.

$Z=12$, угол наклона винтовых канавок $\omega=30°$; передний угол $\gamma=15°$. Фрезерование винтовых канавок фрезы *2* следует производить двухугловой фрезой *3*, установленной [redacted] оправке *1*.

В данном случае берем двухугловую несимметричную фрезу с углом $\theta=55°$, который состоит из двух неравных углов $\theta_1=40°$ и $\theta_2=15°$. Меньший угол соответствует переднему углу нарезаемой фрезы *2*. На рис. 126, *а*, *б* показаны расположения фрезы *3* [redacted] заготовки *2* при фрезеровании соответственно левой и правой винтовых канавок.

Прежде чем приступить [redacted] обработке винтовой канавки, следует проверить крепление заготовки [redacted] оправке *1* (рис. 126, *в*), установку и крепление двуугловой фрезы *3* на оправке *8*, после чего закрепляют винтами *6* две серьги *4* и *5* на хоботе *7*, установленном в направляющих станины *9*.

Фрезерование винтовой канавки осуществляют в определенной последовательности.

1. На заготовке намечают положение передней поверхности или всей впадины зуба.



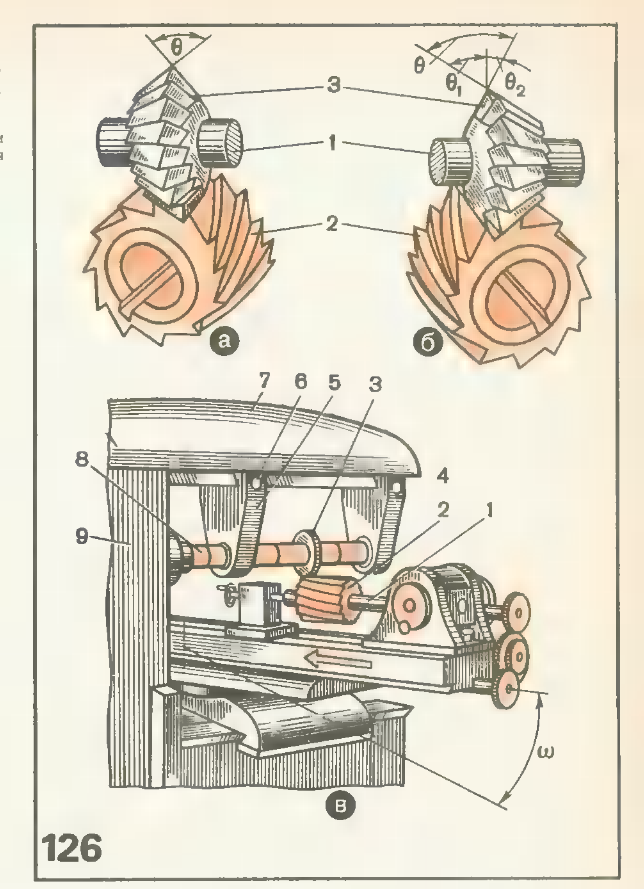



**Рис. 126.**

**Фрезерование зубьев цилиндрической фрезы [redacted] винтовыми [redacted]**

*а*, [redacted] — [redacted] установки заготовки [redacted] фрезы; *в* — прием фрезерования

2. На оправку надевают хомутик, закрепляют заготовку, насаженную на оправку, в центрах делительной головки и затягивают винтом хомутик.

3. Поворачивают стол на угол наклона винтовой канавки $\omega$. Если задан диаметр заготовки $D$ и шаг винтовой линии $H$, то угол поворота стола определяют по формуле $\operatorname{tg}\omega=\frac{\pi D}{H}$.

4. Перемещают стол в поперечном направлении до тех пор, пока между столом и станиной останется промежуток 10—15 мм.

5. Устанавливают фрезу по отношению [redacted] заготовке, совмещая ее зуб с размеченным (предварительно) на заготовке профилем фрезеруемой канавки.

6. Убедившись, что угловая фреза заняла правильное положение, стопорят поперечные и вертикальные салазки стола.

7. По формуле для простого деления определяют число оборотов рукоятки *4* делительной головки (см. рис. 125, *в*). Например, для случая обработки цилиндрической фрезы с $Z=12$, получим

$$n=\frac{40}{Z}=\frac{40}{12}=3\frac{4}{12}=3\frac{1}{3}=3\frac{10}{30}.$$

Из расчета видно, что для поворота шпинделя с заготовкой на $1/12$ оборота, рукоятку делительной головки следует повернуть по окружности с 30 отверстиями на три полных оборота и еще на $\frac{1}{3}$ оборота, т. е. сектор делительного диска должен охватывать 10 промежутков (или 11 отверстий).

8. Определяют передаточное отношение сменных зубчатых колес гитары

$$i = \frac{A}{H} = \frac{z_1}{z_2}\frac{z_3}{z_4},$$

где $A$ — характеристика станка;

$$A = Nt_{x.в};$$

$N$ — характеристика делительной головки (обычно $N=40$); $t_{x.в}$ — шаг ходового винта продольной подачи стола ($t_{x.в}=6$ мм); $H$ — шаг винтовой канавки, мм.

В нашем случае при $D=100$ мм; $\omega=30°$

$$A = 240; \; H = \frac{\pi D}{\operatorname{tg} 30°} = \frac{\pi 100}{0{,}577} = 544 \text{ мм}.$$

Подбор сменных зубчатых колес для настройки делительной головки при фрезеровании винтовых канавок производят по таблицам, прилагаемым к паспорту делительной головки. Так, в нашем случае при $A=240$ и $H=544$ мм (по таблице принимаем $H=540$ мм) имеем: $z_1=80$; $z_2=70$; $z_3=35$ и $z_4=90$, т. е.

$$i = \frac{240}{540} = \frac{80}{70}\cdot\frac{35}{90}$$

Устанавливают сменные зубчатые колеса по схеме рис. 125, *в*, так как винтовая канавка левая. Проверяют правильность работы передаточного механизма вращением вручную винта продольной подачи стола; перед вращением необходимо освободить делительный диск от стопорного штифта.

9. Устанавливают стол станка под углом подъема винтовой канавки ($\omega=30°$) и закрепляют его болтом.

10. Фрезеруют первую канавку на полную глубину по разметке и проверяют шаблоном. Опускают стол и возвращают заготовку в исходное положение.

11. Производят деление на $1/12$ оборота. Поднимают стол в исходное положение, подводят вручную заготовку под фрезу и фрезеруют вторую канавку, и т. д.

Затылок зуба фрезеруют цилиндрической или торцовой фрезой, установленной на универсально-фрезерном станке. Наладку делительной головки и поворот стола производят так же, как и при фрезеровании винтовой канавки двуугловой фрезой.

**Приемы фрезерования и контроля многогранных профилей деталей с использованием делительной головки.** Квадратные пуансоны небольших размеров фрезеруют из цилиндрических заготовок диаметром $D$ и длиной $L$ с технологическим хвостовиком диаметром $D_1$ длиной $L_1$.



Торцы заготовки зацентрованы. Диаметр заготовки определяют по формуле

$$D_{заг} = H\sqrt{2} + \Delta,$$

где $H$ — сторона квадрата; $\Delta=0{,}4\div0{,}8$ — припуск на обработку.

Например, диаметр заготовки под квадрат $12\times12$ мм

$$D_{заг} = 12\sqrt{2} + (0{,}58) = 17{,}5 \text{ мм}.$$

Квадратный пуансон (рис. 127, *а*) фрезеруют концевой фрезой со спиральными зубьями диаметром 10—12 мм. Вначале производят черновую обработку, для этого торцом фрезы касаются заготовки диаметром $D_{заг}$, поднимают стол станка на высоту $\frac{D_{заг} - H}{2}$, и фрезеруют поверхность $C$ (рис. 127, *б*, операция I). С помощью руко-

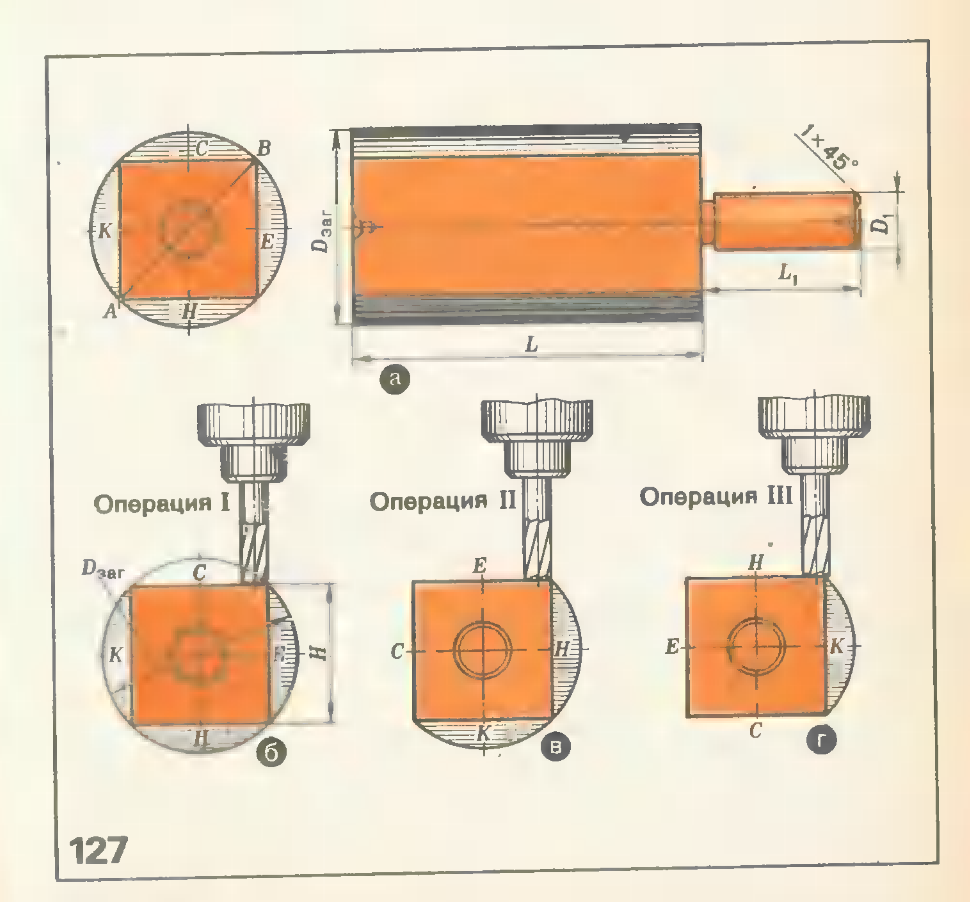
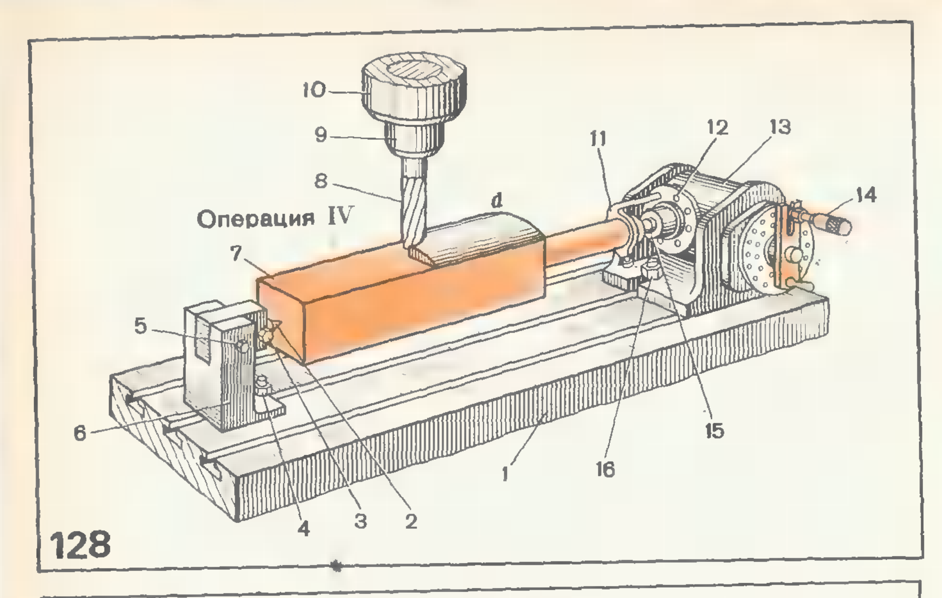



**Рис. 127.**
**Обработка квадратного пуансона с помощью делительной головки:**
а — заготовка; б — операция I; в — операция II; г — операция III обработки поверхностей $C$ и $E$, $H$ под уг…



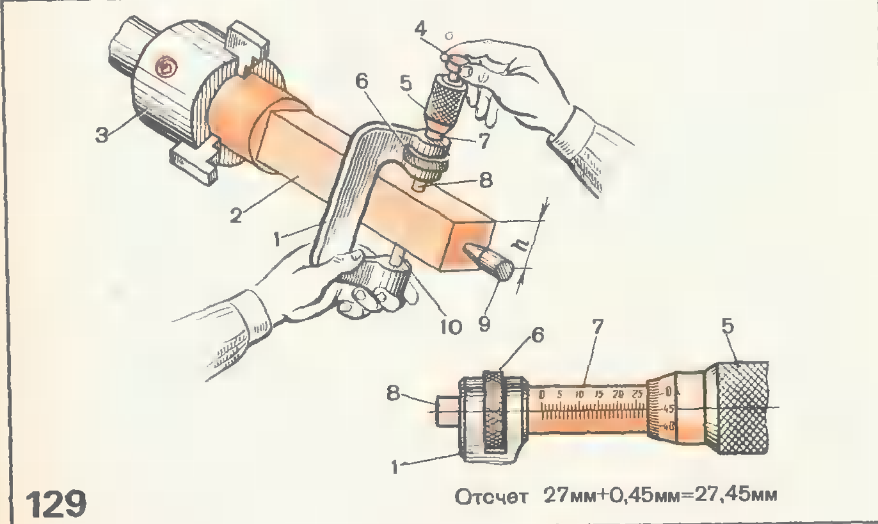




**Рис. 128.** Приемы окончательной обработки профиля квадратного пуансона (операция IV) с использованием делительной головки

**Рис. 129.** Контроль пуансона квадратного профиля микрометром

ятки *14* (рис. 128) делительной головки *13* поворачивают заготовку на 90° и фрезеруют поверхность *E* (рис. 127, *в*, операция II). Также фрезеруют поверхности *H* и *K*. Обработав стороны квадрата предварительно, не меняя концевой фрезы *8* в шпинделе *9* головки *10* станка,



приступают к окончательной обработке профиля пуансона, но для этого необходимо еще раз проверить крепление болтами *3*, *4*, *5* и *16* на столе *1* задней бабки *6*, корпуса головки *14* и установку заготовки пуансона *7* в центрах *2* и *15*, а также крепление хомутика *11* в отверстии поворотного круга *12* головки *13*.

В процессе и после обработки осуществляют контроль детали.

На рис. 129 изображен способ измерения квадратного профиля пуансона *2*, установленного в трехкулачковом патроне *3* делительной головки и в центре *9* задней бабки. Прежде чем приступить к измерению профиля пуансона *2*, пальцами левой руки необходимо захватить скобу *1* микрометра и осторожно прижать его пятку *10* к нижней поверхности пуансона. После этого пальцами правой руки вращая трещетку *4*, и тем самым поворачивая барабан *5* с микровинтом *8*, подводят плоскость микровинта к верхней поверхности пуансона и измеряют размер *h*. Стопорной гайкой *6* закрепляют микровинт *8* и устанавливают действительный размер по шкале стебля *7* и нониусу барабана *5*. Если размер *h* соответствует отсчетному (27 + 0,45 = 27,45 мм), значит размеры профиля пуансона выполнены согласно рабочему чертежу.

На рис. 130, *а* показана заготовка пуансона, профиль которой образован пятью прямыми линиями и дугой окружности радиуса *R*. Для того чтобы облегчить контроль исполнительных размеров пуансонов такого профиля, необходимо знать высоту *h* и длину хорды $AB = P_1$. Высоту *h* определяют по формуле

$$DG = h = R(1 - \cos\frac{\alpha}{2}).$$

Например, если известно, что радиус дуги $R = 20$ мм, а угол $\alpha = 60°$, то

$$h = R(1 - \cos\frac{\alpha}{2}) = 20(1 - \cos\frac{60°}{2}) = 20(1 - 0,86603) = 2,68 \text{ мм}.$$

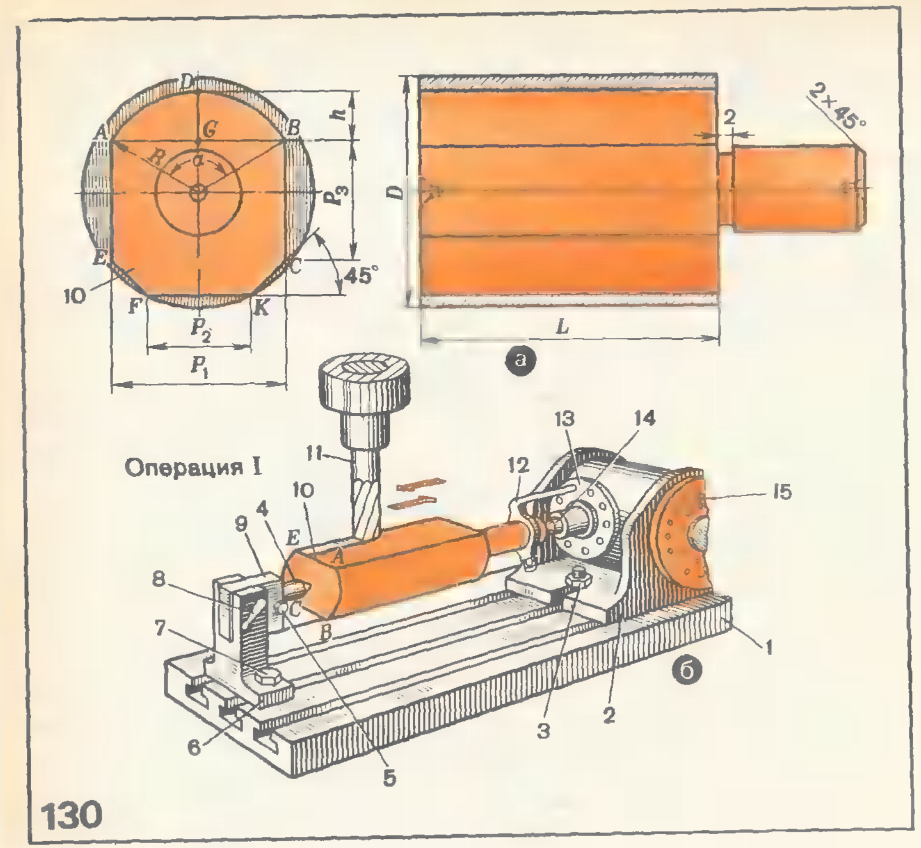
Длину хорды определяют по формуле

$$P_1 = AB = 2R\sin\frac{\alpha}{2}.$$

Например, если известно, что радиус дуги $R = 50$ мм, а угол $\alpha = 85°$, то

$$P_1 = AB = 2R\sin\frac{\alpha}{2} = 2 \cdot 50\sin\frac{85}{2} = 2 \cdot 50 \cdot 0,67559 = 67,56 \text{ мм}.$$

Прежде чем приступить к обработке заготовки пуансона, необходимо проверить установку делительной головки *2* и бабки *6* на столе *1* станка и закрепить их болтами *3* и *7*. После этого заготовку *10* устанавливают в центр *14* и закрепляют хомутик *12* в диске *13* поворотной части делительной головки. Затем рукояткой *8* прижимают ползун *9* с центром *4* к заготовке пуансона *10* и закрепляют болт *5*. В шпиндель вертикальной головки вставляют фрезу *11* и приступают к обработке поверхности *AE* (рис. 130, *б*). Затем пуансон *10* переворачивают и фрезеруют поверхность *BC*. Убедившись, что размер $P_1$ выдержан, переходят к обработке поверхности *KF*. Для этого правой рукой захватывают рукоятку делительного диска *15* (см. рис. 130), поворачивают



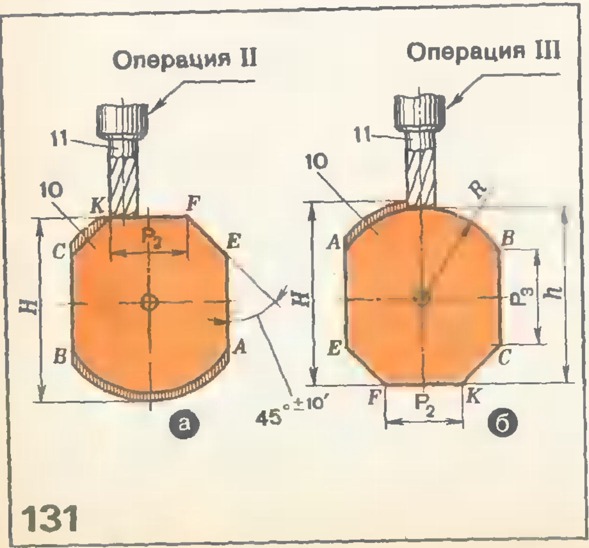




**Рис. 130.** Обработка пятигранного пуансона:
а — заготовка; б — прием обработки с помощью делительной головки

**Рис. 131.** Обработка шестигранного пуансона с помощью делительной головки



заготовку пуансона *10* на 90° (рис. 131, *а*, операция II) и фрезеруют поверхность *KF*, выдерживая размер *H*. Не меняя установки заготовки пуансона в центрах, диск *15* поворачивают на 45° и фрезеруют вначале наклонную поверхность *KC* под углом 45°±10′, после этого поворачивают диск в обратную сторону и фрезеруют наклонную поверхность под углом 45°±10′, выдерживая размер $P_2$. Слегка, от руки, поворачивая делительный диск *15*, обрабатывают (обкатывают) выпуклую поверхность радиусом *R* (рис. 131, *б*, операция III), выдерживая размер *h*. При обработке периодически проверяют все размеры пуансона с помощью микрометра и штангензубомера.

На рис. 132, *а* изображен профиль многогранного калибра. Для его изготовления и контроля необходимо определить ряд размеров, если известны *R* — радиус наружной окружности и *n* — число граней.

Длину стороны многогранника определяют по формуле

$$S = 2R\sin\frac{180}{n}.$$

Размер *K* многогранника определяют по формуле

$$K = 2R\cos\frac{180}{n}.$$

Центральный угол, соответствующий одной грани,

$$\alpha = \frac{360}{n}.$$

Угол при вершине двух смежных граней

$$\beta = 180° - \frac{360}{n}.$$

На рис. 132, *б* показан прием фрезерования граней шестигранного калибра *17*, закрепленного в трехкулачковом патроне *18* делительной головки *2*, установленной на столе *1* фрезерного станка. Прежде чем приступить к обработке заготовки калибра *17* в делительной головке, нужно проверить установку и крепление болтами *5* и *8* в хоботе *6* поворотной головки *9*. Затем поднять вверх защитный экран *11* и закрепить его рукоятками *12*. После этого в шпиндель *10* головки вставляют цангу *15* с концевой фрезой *16* и, вращая маховичок *14*, опускают фрезу *16* и устанавливают ее по нониусу *13* на заданную высоту. Затем нажимают кнопки *3* и *4*, включают электродвигатель коробки скоростей и подачи станка, а также осветительную электролампу *7*, после этого с помощью маховичков продольного и поперечного перемещений стола *1* и маховичка *14* вертикальной подачи шпинделя поворотной головки *9* подводят фрезу *16* к заготовке калибра *17* и приступают к обработке. Убедившись, что заготовка калибра и фреза надежно закреплены, фрезеруют две противоположные грани, выдерживая размер *K*. Затем, повернув с помощью делительной головки заготовку на угол α=60°, фрезеруют очередную и противоположную ей грани. При этом периодически проверяют микрометром размер *K* на профиле калибра.

При фрезеровании многогранных шлицевых пуансонов необходимо следить за точностью расположения шлицев и их параллельностью. Для

контроля шлицев с помощью роликов необходимо знать размер $M$ при заданных размерах: $R$ — радиус окружности впадин; $B_1$, $B_2$ — ширина шлицев; $\alpha$, $\beta$ — углы, определяющие расположение шлицев; $d$ — диаметр контрольных роликов (рис. 133, *а*).

Из рис. 133, *а* следует, что

$$M = O_1O_2 + 2\frac{d}{2},$$



**Рис. 132.**
**Обработка шестигранного калибра:**
*а* — заготовка; *б* — прием фрезерования шестигранного калибра на делительной головке

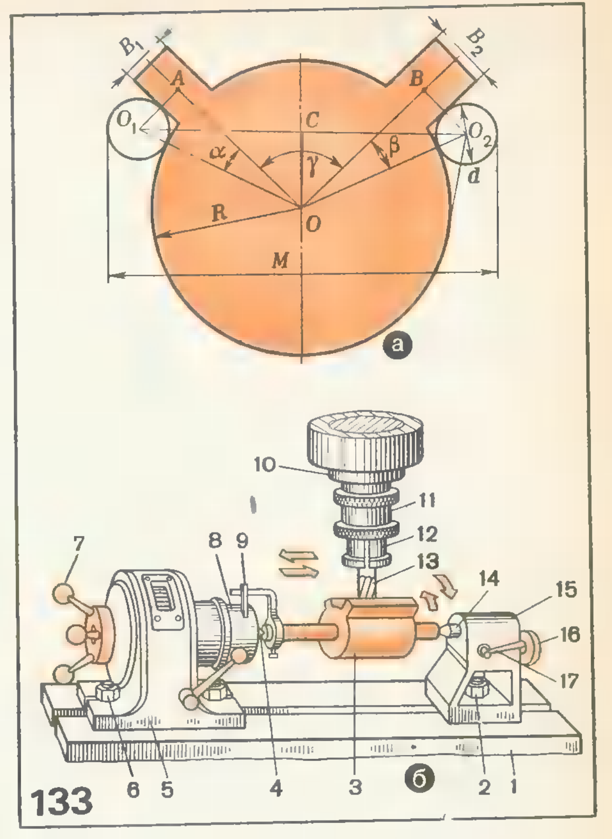
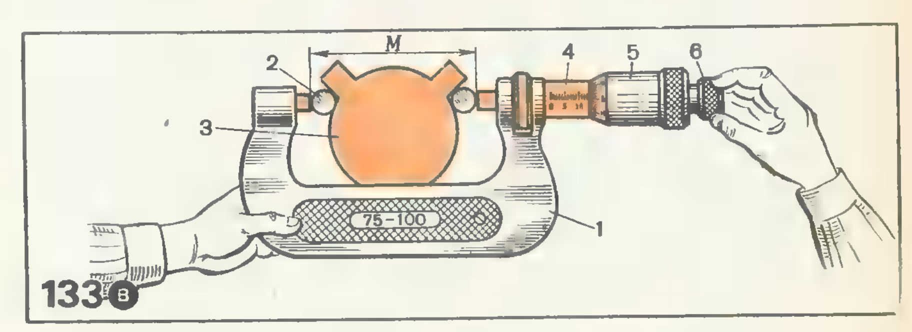



**Рис. 133.**
**Обработка двухшлицевого пуансона:**
*а* — заготовка; *б* — приемы фрезерования; *в* — контроль




где $O_1O_2 = 2O_1C = 2O_1O\cos\angle CO_1O$;

$$\angle CO_1O = 90 - \frac{\gamma + \alpha + \beta}{2};$$

$$\angle\alpha = \arcsin\frac{0{,}5(d + B_1)}{R + 0{,}5d}; \quad \angle\beta = \arcsin\frac{0{,}5(d + B_2)}{R + 0{,}5d}.$$

П р и м е р. Требуется проверить правильность относительного расположения шлиц [illegible] помощью ролика, [illegible] известно, что [illegible] = 32 мм, $B_1 = 10$ мм, $B_2 = 14$ мм, $d = 12$ мм, $\gamma = 87^\circ$

$$\angle\alpha = \arcsin\frac{0,5(12+10)}{32+(0,5\cdot 12)} = 16\ 49';$$

$$\angle\beta = \arcsin\frac{0,5(12+14)}{32+(0,5\cdot 12)} = 20^\circ;$$

$$\angle CO_1O = 90 - \frac{\gamma+\alpha+\beta}{2} = 90 - \frac{87^\circ+20^\circ+16^\circ 49'}{2} = 28^\circ 5'30'';$$

$$O_1O_2 = (0,5\cdot 12 + 32)\cos 27^\circ 05' = 33,52 \text{ мм},$$

откуда $M = 2(O_1O_2 + 0,5d) = 79,04$ мм.

Перед началом обработки пуансона *3* (рис. 133, *б*) следует тщательно установить делительное приспособление *5* и бабку *15* [illegible] стол *1* вертикально-фрезерного станка и закрепить [illegible] болтами *2* и *6*. Затем вставить концевую фрезу *13* [illegible] цангу *12* и закрепить гайкой *11* [illegible] шпинделе *10* вертикальной головки станка. На хвостовик пуансона *3* надевают поводок хомутика *9* и закрепляют его болтом; вставляют центр хвостовика пуансона [illegible] центр *4* шпинделя *8* головки *5* и, вращая маховичок *16*, прижимают центром *14* задней бабки *15*. Пиноль задней бабки закрепляют рукояткой *17*. Убедившись, что заготовка пуансона *3* надежно закреплена [illegible] делительном приспособлении *5* [illegible] задней бабке *15*, вращая (от руки) маховички вертикальной подачи шпинделя *10* и маховички продольного и поперечного перемещений стола, подводят фрезу *13* [illegible] заготовке пуансона и обрабатывают ее. Затем левой рукой, слегка поворачивая рукоятку *7* влево и вправо, фрезеруют пуансон по радиусу $R = 32$ [illegible] (см. рис. 133, *а*), не доходя 0,05—0,1 [illegible] до выступов шлицев размером $B_1$ и $B_2$ мм, расположенных под углами $\alpha = 16^\circ 49'$ [illegible] $\beta = 20^\circ$.

[illegible] процессе фрезерования рекомендуется периодически проверять профиль пуансона с помощью двух роликов диаметром 20 мм и микрометром (рис. 133, *в*). При проверке пальцами левой руки захватывают скобку *1* микрометра и прижимают его пятку [illegible] ролику *2*, положенного [illegible] впадину пуансона *3*. Пальцами правой руки, вращая трещетку *6*, поворачивают барабан *5* с микровинтом и по нониусу барабана *5* и шкале [illegible] стебле *4* устанавливают действительный размер *M*.

На рис. 134 показан пуансон вырубного штампа. При данных *R* — радиус внутренней окружности шлицевых выступов; *b* — ширина шлица; *h*, $H_1$, α, β правильность профиля можно проверить [illegible] помощью роликов диаметром *d* и набора плиток, равного величине зазора *m*, образованного между стенкой шлицевого выступа и образующей ролика.

Прежде [illegible] приступить [illegible] обработке профиля пуансона, необходимо [illegible] первую очередь профрезеровать заготовку длиной *L*, толщиной $H_2$ и высотой $h_1$ с припуском 2—3 [illegible] [illegible] окончательную обработку. После этого [illegible] заготовке [illegible] токарном станке зацентровывают с двух



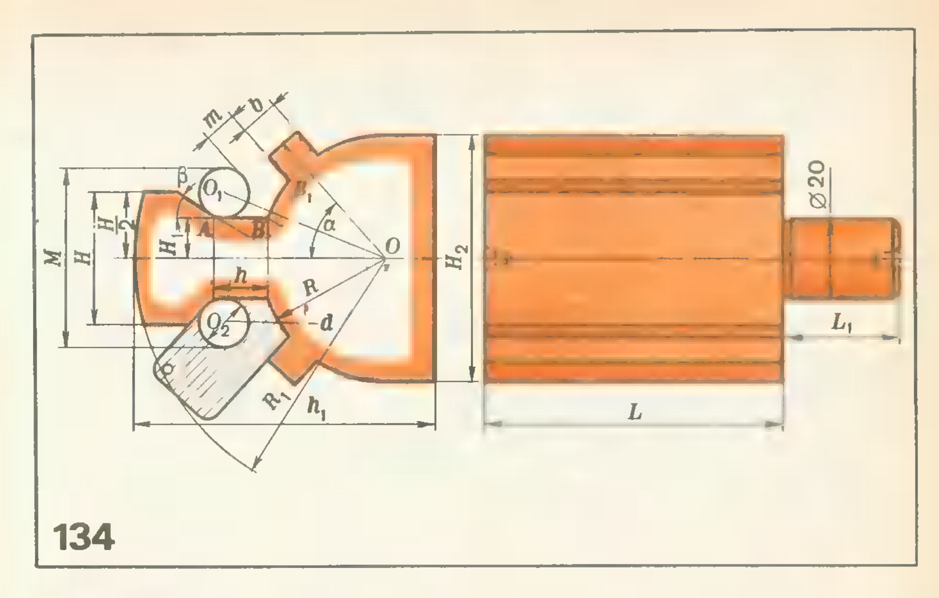


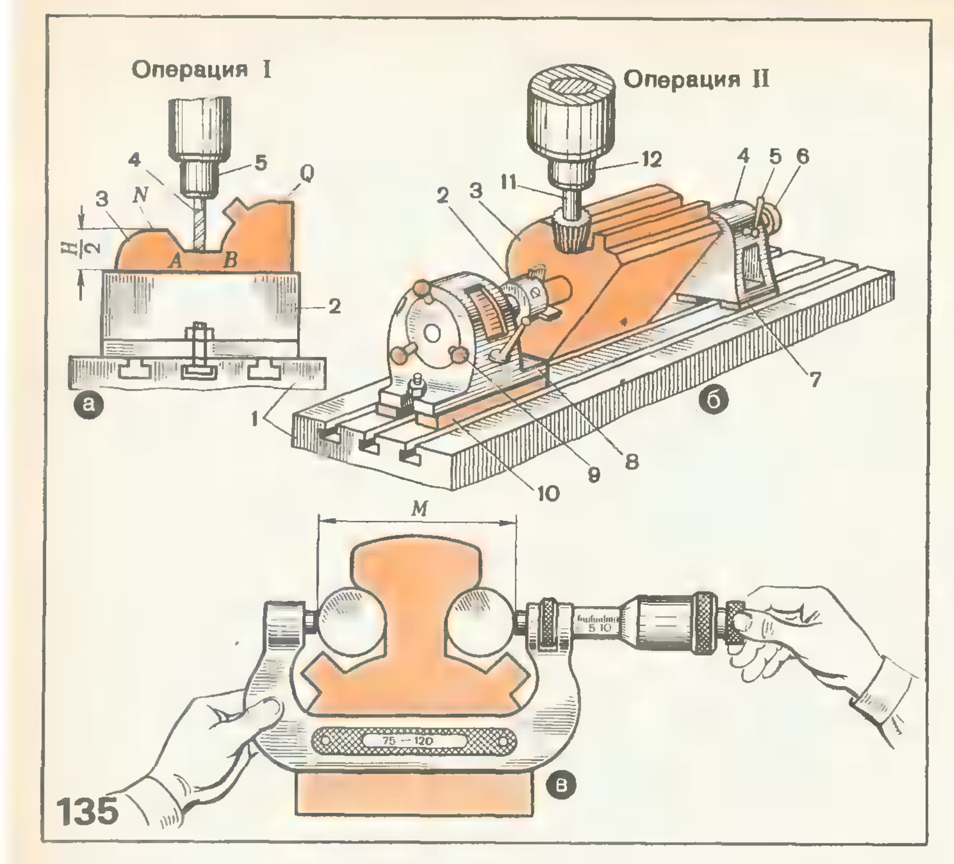

**Рис. 134.**
**Пуансон вырубного штампа**

сторон два отверстия и протачивают цилиндр радиуса $R_1$ и хвостовик диаметром 20 [illegible] на длину $L_1$. На торцовой поверхности пуансона размечают его контур согласно рабочему чертежу.

Устанавливают заготовку пуансона *3* в параллельные тиски *2* (рис. 135, *а*, операция I) и закрепляют [illegible] болтами [illegible] столе *1* вертикально-фрезерного станка. [illegible] шпиндель *5* вертикальной головки вставляют концевую фрезу *4* и с помощью маховичков продольного и поперечного перемещений стола *1* [illegible] маховичка вертикальной подачи шпиндельной головки подводят фрезу *4* [illegible] заготовке пуансона *3* и фрезеруют вначале поверхность *N*, выдерживая размер от оси симметрии профиля $\frac{H}{2}$ (см. рис. 134). Затем, не [illegible] установки заготовки, фрезеруют поверхность *AB* выемки до размера $H_1$. Поднимают фрезу и фрезеруют поверхность *Q*. После этого заготовку, установленную [illegible] тиски, переворачивают и фрезеруют симметричные поверхности, выдерживая размеры *H*, $H_1$, $H_2$ (см. рис. 134).

Со стола *1* снимают тиски и устанавливают делительное приспособление *8* на планки *10* (рис. 135, *б*, операция II), а заднюю бабку *4* на планки *7* и закрепляют их болтами на столе *1* станка. После этого [illegible] трехкулачковый патрон *2* устанавливают и закрепляют хвостовик заготовки пуансона *3*, и маховичком *6* перемещают пиноль задней бабки с центром, вставляя его [illegible] отверстие заготовки паунсона *3*. Пиноль с центром закрепляют рукояткой *5*.

Убедившись, что заготовка пуансона *3* надежно закреплена [illegible] делительном приспособлении *8*, вращая рукой маховички продольного и поперечного перемещений стола *1* и маховичок вертикальной подачи шпиндельной головки *12*, подводят грибковую фрезу *11* [illegible] заготовке




пуансона 3. Пальцами левой руки захватывают рукоятку 9 поворотной части приспособления и, слегка вращая ее вправо — влево, начинают очень осторожно фрезеровать цилиндрическую поверхность радиусом $R$ в выемке между точками $BB_1$ (см. рис. 134), затем фрезеруют наклонную поверхность под углом β и боковые поверхности шлица. Заготовку пуансона поворачивают и осуществляют обработку тех же поверхностей с другой стороны, выдерживая размеры ширины шлица $H$ и $b$, размер $L$ и углы β [illegible] [illegible] по всему профилю пуансона; при этом периодически проверяют размер $2H_1$ с помощью двух роликов диаметром $d$ и микрометра, выдерживая размер $M$ (рис. 135, *в*); [illegible] контролируют выработками или шаблонами (см. рис. 134).

В практике фрезерных работ особое внимание уделяется деталям штампов и пресс-форм, профили которых представляют сложное сочетание различных дуг окружностей с прямыми. Примером может послужить обработка и контроль профиля пуансона, изображенного на рис. 136, *а*. Проверку взаимного расположения наклонной поверхности и цилиндрического пуансона производят здесь также с помощью двух роликов. Контрольный размер $M$ определяют следующим образом:

$$M = d + O_1O_2,$$



**Рис. 135.**
**Обработка пуансона:**
*а*, [illegible] — приемы фрезерования; [illegible] — контроль профиля пуансона

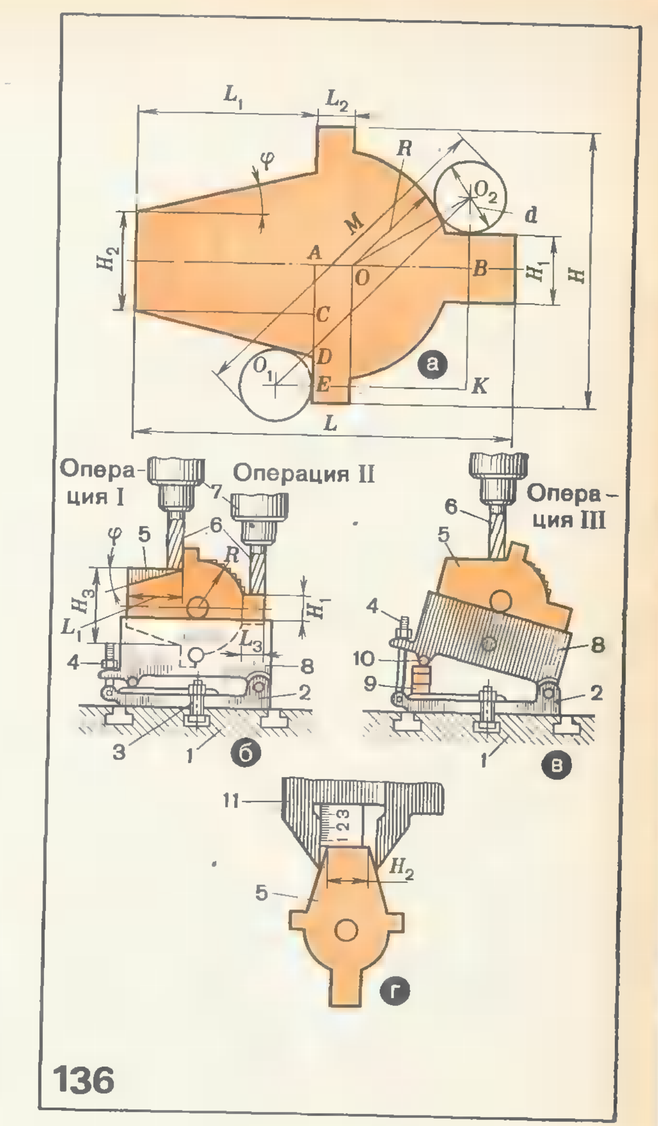



**Рис. 136.**
**Обработка [illegible] профиля пуансона вырубного [illegible]на:**
[illegible] профиль пуансона; [illegible] прием фрезерования параллельных поверхностей в синусных тисках; [illegible] прием фрезерования наклонной поверхности в синусных тисках; *г* — контроль профиля пуансона штангензубомером

где $d$ — диаметр контрольных роликов.

$$O_1O_2 = \sqrt{O_1K^2 + O_2K^2}; \quad O_1K = 0{,}5d + AO + OB;$$

$$OB = \sqrt{(OO_2)^2 - (O_2B)^2} = \sqrt{(R + 0{,}5d)^2 - (0{,}5H_1 + 0{,}5d)^2};$$

$$O_2K = 0{,}5d + 0{,}5H_1 + 0{,}5H_2 + CD + DE;$$

$$CD = L_1 \operatorname{tg} \varphi; \quad DE = 0{,}5d \operatorname{tg}(45 + \frac{\varphi}{2}).$$

6–911

Пример. Требуется проверить правильность выполнения профиля пуансона, если известно, что $R = 26$ мм; $L_1 = 30$ мм; $L_3 = 10$ мм; $H_1 = 16$ мм; $H_2 = 20$ мм; $\varphi = 15$; $d = 20$ мм.

$$DE = 0{,}5 \cdot 20 \cdot 1{,}3 = 13{,}03; \quad CD = 30 \cdot 0{,}2679 = 8{,}038 \text{ мм};$$

$$O_2K = 0{,}5 \cdot 20 + 0{,}5 \cdot 16 + 0{,}5 \cdot 20 + 13{,}03 + 8{,}038 = 49{,}068;$$

$$OB = \sqrt{(26 + 0{,}5 \cdot 20)^2 - (0{,}5 \cdot 16 + 0{,}5 \cdot 20)^2} = 31{,}17 \text{ мм};$$

$$O_1K = 0{,}5 \cdot 20 + 10 + 31{,}17 = 51{,}17 \text{ мм};$$

$$O_1O_2 = \sqrt{(51{,}17)^2 + (49{,}068)^2} = 70{,}89 \text{ мм};$$

$$M = 20 + 70.89 = 90{,}89 \text{ мм}$$

Операция фрезерования профиля пуансона осуществляется следующим образом. На стол *1* вертикально-фрезерного станка устанавливают и закрепляют болтами *3* нижнюю плиту *2* синусных тисков *8* и устанавливают на них заготовку пуансона *5*, которая предварительно отфрезерована с припуском под дальнейшую обработку. Затем в шпиндель *7* вертикальной головки станка устанавливают фрезу *6*. После этого подводят фрезу *6* к заготовке (рис. 136, *б*, операция I и II) и снимают припуск, выдерживая размеры $\frac{H_1}{2}$, $\frac{H_3}{2}$, $L_1$ и $L_3$. Затем заготовку пуансона *5*, установленную в тисках, переворачивают на вторую сторону и фрезеруют те же поверхности, выдерживая размеры $H_1$, $H_2$, $L_1$ и $L_3$. После этого, не меняя установки заготовки в синусных тисках *8*, последние слегка поднимают и между роликом *10* (рис. 136, *в*, операция III) и плоскостью плиты *2* укладывают два блока плиток концевых мер *9*, закрепляя их болтами *4*. К заготовке пуансона *5* подводят фрезу *6* и фрезеруют вначале наклонную поверхность под углом φ. Затем заготовку пуансона переворачивают и фрезеруют вторую наклонную поверхность; при этом периодически контролируют наклонные плоскости, выдерживая размер $H_2$ с помощью штангензубомера *11* (рис. 136, *г*).

Синусные тиски снимают со стола *1* станка, устанавливают делительное приспособление *2* и заднюю бабку *8* и закрепляют болтами *11* и *13*. Затем в трехкулачковый патрон делительного приспособления *2* закрепляют хвостовик заготовки пуансона *5*, а другой хвостовик прижимают центром *7* пиноли, вращая маховичок *10*, и закрепляют рукояткой *9*. После этого фрезу *6* подводят к заготовке пуансона *5* (рис. 137, *а*, операция IV) и слегка освобождают шпиндель головки от зажима рукояткой *12*. Левой рукой, вращая рукоятку *3* поворотного диска шпинделя головки *2*, очень осторожно фрезеруют вначале одну цилиндрическую поверхность радиусом *R*, а затем с одной установки фрезеруют и другую цилиндрическую поверхность. При этом поворот заготовки пуансона *5* в центрах контролируют по угломерной шкале и нониусу *4* делительного приспособления, следя за тем, чтобы фреза не врезалась в поверхности шлицевых выступов.

На рис. 137, *б* показан способ измерения профиля пуансона *5* с помощью двух роликов и микрометра.



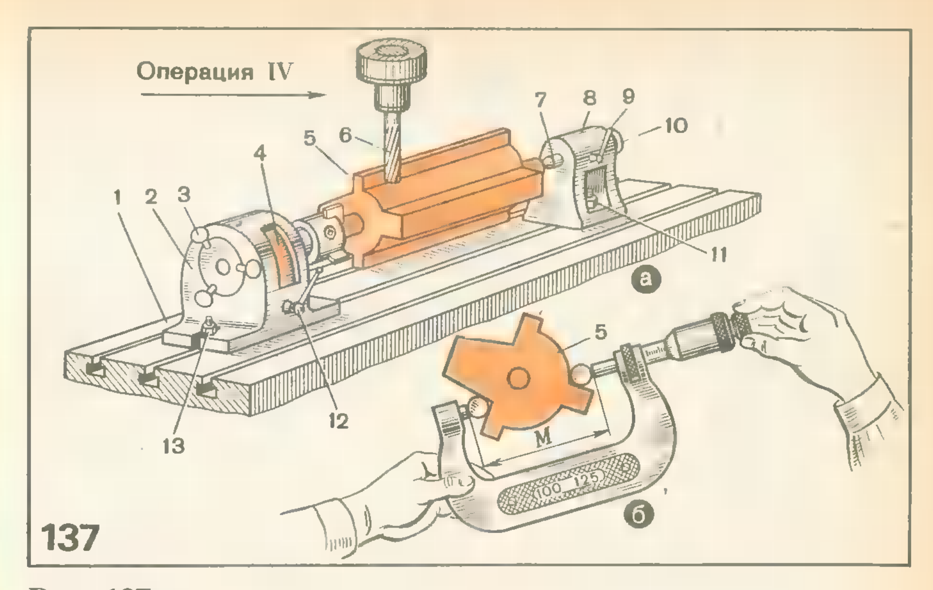
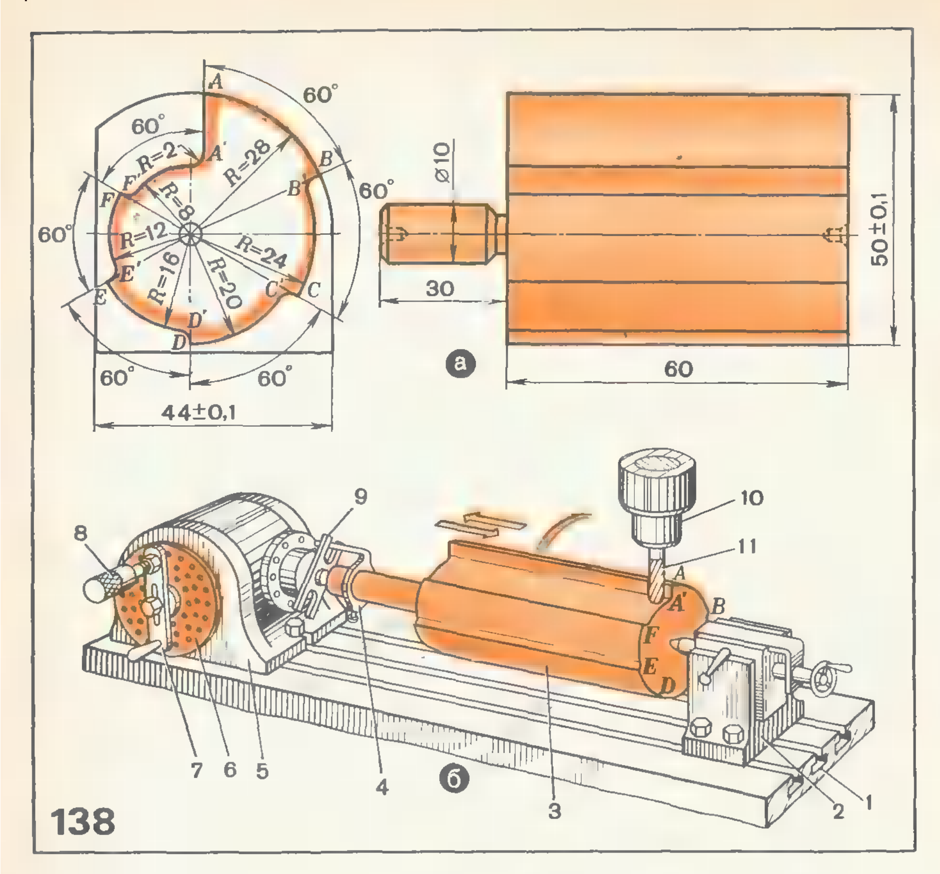



**Рис. 137.**
**Обработка цилиндрической поверхности пуансона в делительном приспособлении:**
а — прием фрезерования,
б — контроль

На рис. 138, *а* показана заготовка пуансона, профрезерованная с двух сторон в размер 50 ± 0,1 мм и 44 ± 0,1 мм, на длину 60 мм, с технологическим хвостовиком диаметром 10 мм и длиной 30 мм. Центровые отверстия, сделанные в заготовке с двух сторон, предназначены для крепления ее в центрах делительной головки и задней бабки. Для осуществления операции чистового фрезерования пуансона на стол *1* вертикально-фрезерного станка (рис. 138, *б*) устанавливают делительную головку *5* и заднюю бабку *2*, а в шпиндель *10* вставляют концевую фрезу *11* с торцовым закруглением $R = 2$ мм. Закрепляют заготовку пуансона с помощью хомутика *4* и вилки *9*. После закрепления заготовки пуансона *3* в делительной головке и задней бабке приступают к осуществлению операции. Вначале очень осторожно фрезеруют поверхность $AA'$ с образованием радиусного перехода $R = 2$ мм (см. рис. 138, *а*). Затем пальцами левой руки захватывают рукоятку *8* сектора делительного диска *6* и поворачивают влево планку *7*, а правой рукой, вращая маховичок вертикальной подачи шпиндельной головки, опускают фрезу и фрезеруют цилиндрическую поверхность радиусом 8 мм, выдерживая центральный угол 60° между точками $A'$ и $F'$. Фрезу поднимают на высоту 4 мм и фрезеруют участок профиля пуансона радиусом $R = 12$ мм между точками $F'$ и $E'$ (см. рис. 138, *а*). Затем аналогичным способом фрезеруют остальные поверхности с радиусами 16, 20 и 24 мм между точками $E'D'$, $D'C'$, $C'B'$, каждый раз выдерживая центральные углы равными 60°. При этом следует периодически осуществлять контроль




радиусов с помощью штангенрейсмуса с индикаторным устройством, установленного на столе фрезерного станка.

На рис. 139, [redacted] изображен пуансон вырубного штампа, профиль которого состоит из остроугольных шлицев. Перед фрезерованием шлицев пуансона нужно предварительно обработать на токарном станке заготовку с технологическими хвостовиками. После установки заготовки *2* на столе *1* станка и закрепления фрезы *3* приступают [redacted] фрезерованию поверхности *C* на заготовке *2*, затем фрезеруют аналогичные поверхности у всех остальных впадин (*F, E, T, B, P, K, H, G, A*), не доходя 0,1—0,15 мм до второй наклонной поверхности (рис. 139, *а*, *б*, операции I и II). Окончательное фрезерование осуществляют за несколько переходов. Записав показания установки фиксатора рукоятки сектора в отверстиях делительного диска, приступают [redacted] фрезерованию вторых наклонных поверхностей впадин образующих шлиц. при этом строго выдерживают угловой шаг $\theta = \frac{360°}{Z}$ (*Z* — число шлицев), внутренний диаметр $D_1$, наружный диаметр. При окончательной обработке заготовки шлицевого пуансона нужно быть очень внимательным, фре-



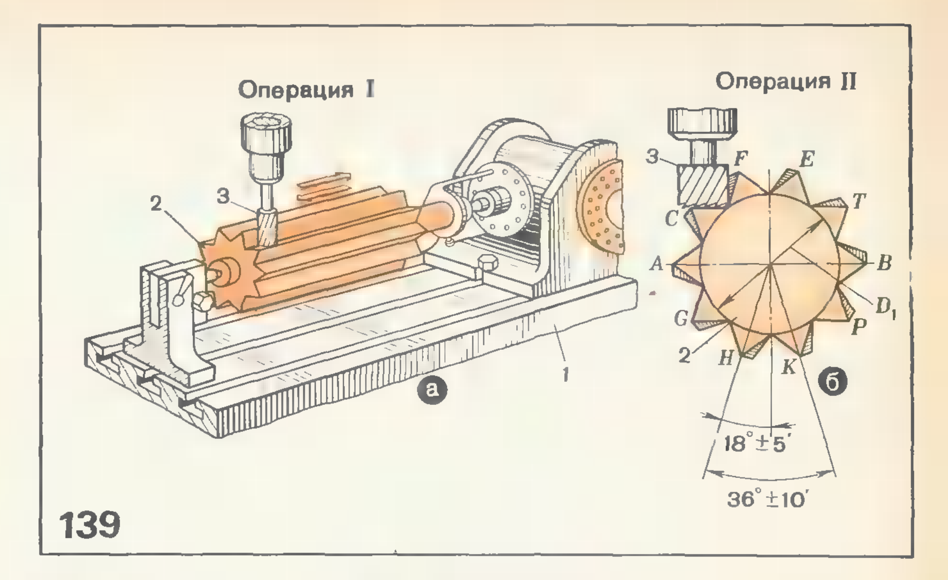



**Рис. 138.**
**Обработка многоступенчато-[redacted] пуансона:**
*а* — заготовка, *б* — прием фрезерования

**Рис. 139.**
**Обработка остроугольных шлицев пуансона вырубного штампа:**
*а*, *б* — приемы фрезерования

зеруя вторую наклонную поверхность впадины, и не допускать зарезов [redacted] профиле пуансона.

На рис. 140 изображены пуансон сложного профиля, приемы обработки и схемы его контроля с помощью роликов и шаблонов. [redacted] данном случае рассматривается способ измерения расстояния *M* от нижней плоскости пуансона до наивысшей точки ролика, установленного [redacted] пуансоне (рис. 140, *а*).

Расчет размера *M* осуществляют следующим образом:

$$M = 0{,}5d + AO + OC,$$

где *d* — диаметр контрольного ролика;

$$AO = \frac{OE + EO_1}{\cos \angle O_1OA} = \frac{R + 0{,}5d}{\cos \angle O_1OA}; \quad \angle O_1OA = \alpha - \angle FOO_1;$$

$$\angle FOO_1 = \arcsin\frac{O_1F}{OO_1} = \arcsin\frac{0{,}5(d + B)}{R + 0{,}5d}; \quad OC = H.$$

П р и м е р. Требуется проверить правильность выполнения профиля пуансона, если известно: $R = 30$ мм, [redacted] мм, $H = 45$ мм, $\alpha = 57°$, $d = 15$ мм.

$$\angle FOO_1 = \arcsin\frac{0{,}5(15 + 20)}{30 + 7{,}5} = 27°49';$$

$$\angle O_1OA = 57° - 27°49' = 29°11';$$

$$AO = \frac{30 + 7{,}5}{0{,}873} = 42{,}95 \text{ мм};$$

$$M = 7{,}5 + 42{,}95 + 45 = 95{,}45 \text{ мм}$$

На рис. 140, *б* показан прием чистового фрезерования сложного контура пуансона вырубного штампа. Прежде чем приступить к обработке пуансона, необходимо в квадратной заготовке сделать с двух сторон отверстия (центра) и проточить хвостовик диаметром 12 мм на длину $L_1$ (рис. 140, *а*). Затем на стол *1* вертикально-фрезерного станка устанавливают делительное приспособление *2* с бабкой *8* и закрепляют их болтами. В шпиндель *7* вертикальной головки *6* устанавливают конце-



**Рис. 140.**
**Обработка пуансона в делительном приспособлении на вертикально-фрезерном станке:**
*а* — заготовка; *б* — приемы фрезерования; *в* — контроль шаблонами; *г* — способы измерения с помощью индикаторного устройства и роликов

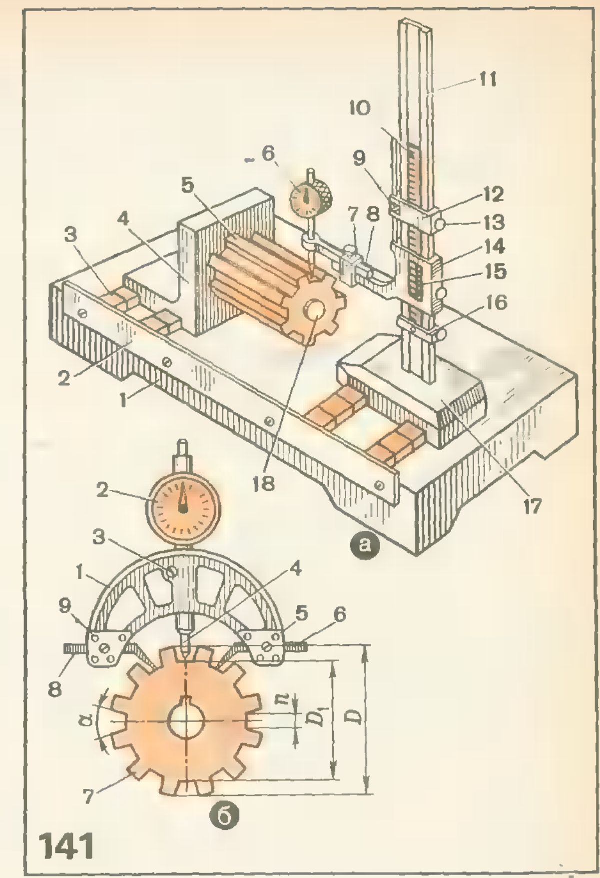



**Рис. 141.**
**Измерение шлицевого профиля индикаторным устройством:**
*а* — пуансона, *б* — зубчатого колеса

вую фрезу *5*. После этого в трехкулачковом патроне *3* делительной головки *2* закрепляют хвостовик пуансона *4* и, вращая маховичок *10*, перемещают в бабке *8* пиноль с центром, вставляют его в отверстие заготовки пуансона *4* и закрепляют рукояткой *9*. Затем с помощью маховичков продольного и поперечного перемещений стола и вертикальной подачи шпиндельной головки подводят фрезу *5* к заготовке пуансона *4* и фрезеруют радиусную поверхность. Не меняя установку заготовки в делительной головке, аналогично фрезеруют все остальные поверхности.

В процессе обработки необходимо периодически контролировать шаблонами *2* и *3* (см. рис. 140, *в*) профиль пуансона *1*, а также размеры *M* с помощью роликов *2* (рис. 140, *г*) и индикатора *3*.

В ряде случаев стандартный измерительный инструмент не обеспечивает требуемой точности измерения или его использование связано с дополнительными затратами труда. Небольшая модернизация инструмента может повысить точность измерения и сделать инструмент более универсальным и удобным в работе.

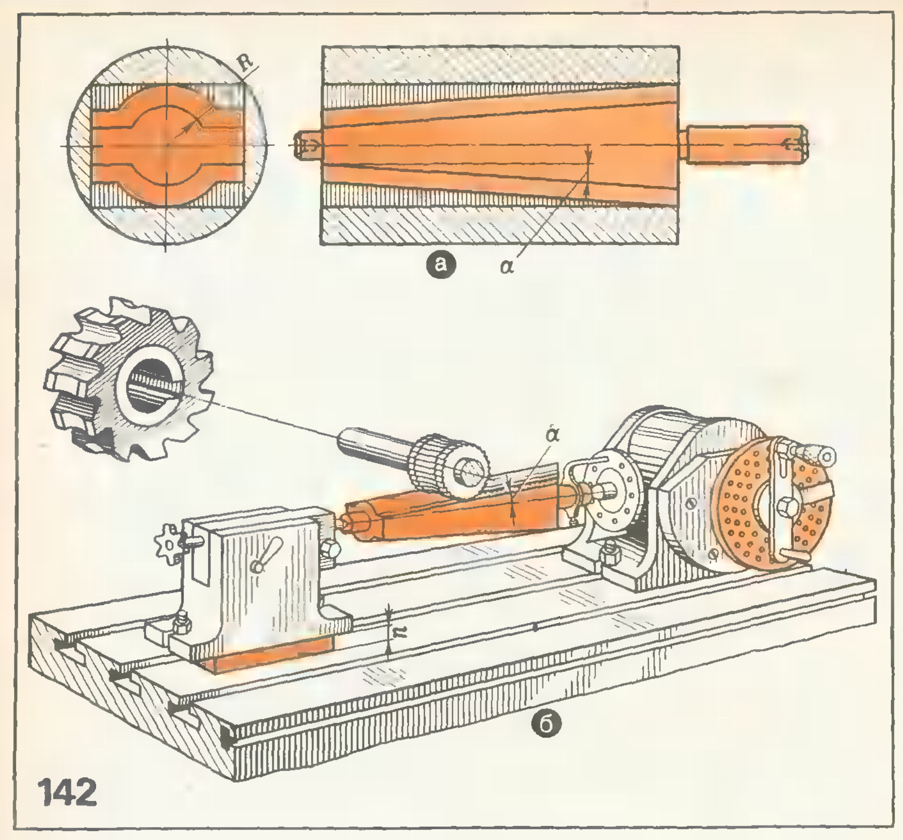



**Рис. 142.**
**Чистовая обработка профиля пуансона в делительной головке на горизонтально-фрезерном станке**
а — заготовка, б — прием обработки

Так, на рис. 141, а показаны комбинированные приемы измерения шлицевого профиля пуансона. Прежде чем приступить к измерению шлицевого профиля 5, необходимо уложить на контрольную плиту 1 четыре блока плиток 3 и прижать их к упорной планке 2. На плиту устанавливают контрольный угольник 4 и прижимают его к двум блокам плиток. Основание 17 штангенрейсмуса устанавливают на плиту и прижимают к двум блокам плиток так, чтобы ось контрольного пальца 18, запрессованного в центре угольника, находилась на одной линии со штангой 11 штангенрейсмуса. После этого на палец 18 угольника надевают контролируемый пуансон 5, а на губку рамки 15 штангенрейсмуса устанавливают в хомутике 7 державку 8 с индикатором 6. По пазу штанги 11 перемещают масштабную линейку 10 с хомутиком 12 и закрепляют его винтом 13. Вращая гайку 9 микровинта, устанавливают по шкале масштабной линейки 10 и нониусу 15 рамки 14 заданный размер, а стрелку индикатора 6 устанавливают в нулевое положение и проверяют глубину впадин пуансона 5.



На рис. 141, б показан способ измерения впадин шлицевого профиля зубчатого колеса 7 с помощью индикаторного устройства, состоящего из скобы 1, в центре которой имеется отверстие, с установленной в ней трубкой индикатора 2, закрепленной винтом 3. С двух сторон скобы имеются квадратные пазы, закрытые пластинками 5 и 9 и закрепленные винтами. Во внутренней части пазов установлены две квадратные губки 6 и 8. В процессе измерения впадин или шлицев губки 6 и 8 устанавливают на требуемую ширину так, чтобы наконечники губок 6 и 8 были на одном расстоянии от наконечника 4.

Фрезерование конусных и фасонных наклонных поверхностей пуансонов производят в делительной головке на горизонтально-фрезерном станке (рис. 142).

Предварительно обработанную заготовку (рис. 142, а) на токарной операции с зацентрованными технологическими хвостовиками устанавливают в центрах делительной головки и задней бабки. Последняя установлена на мерную подкладку, обеспечивающую получение требуемого угла α (рис. 142, б). После того как заготовка пуансона установлена точно под угол α, вращая рукой маховички вертикальной, продольной и поперечной подач стола станка, фасонную фрезу подводят к заготовке пуансона так, чтобы центр окружности профиля фрезы совпал с центром квадрата заготовки пуансона. Затем проверяют установку делительной головки, включают станок и приступают к выполнению операции фрезерования.

## § 6. Приемы фрезерования прямозубых цилиндрических колес и реек

Обработка прямозубых цилиндрических и зубчатых колес и реек является сложным технологическим процессом, которым в практике инструментального производства уделяется большое внимание.

**Фрезерование прямозубых цилиндрических колес.** Чтобы нарезать зубчатое колесо, а затем проверить его размеры, надо знать элементы зубчатого зацепления, т. е. число и шаг зубьев, высоту и толщину зуба, диаметр делительной окружности и наружный диаметр (рис. 143, а).

В зубчатом колесе различают *окружность выступов* зуба, которая представляет собой наружную окружность заготовки зубчатого колеса; *диаметр окружности* выступов зуба обозначают $D_e$; *делительную окружность,* которая представляет собой условную окружность, делящую высоту зуба на две неравные части: верхнюю, называемую *головкой зуба* и нижнюю, называемую *ножкой зуба;* высота головки зуба обозначается $h'$, а высота ножки зуба $h''$; диаметр делительной окружности обозначают $D_0$; *окружность впадин,* которая представляет собой окружность, проходящую по основанию зуба; *диаметр окружности* впадин обозначают $D_i$.

Расстояние между двумя соседними зубьями, измеренное по дуге делительной окружности, называют *шагом P*. Если шаг, выраженный в

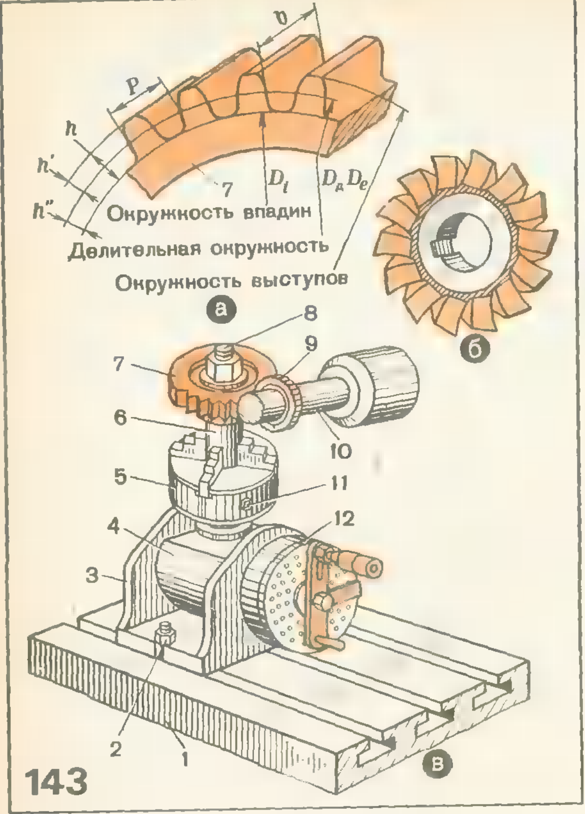



**Рис. 143.**

**Обработка [redacted] зубьев [redacted] дульного зубчатого [redacted]**
[redacted] элементы зубчатого колеса, [redacted] модульная фреза; [redacted] — приемы фрезерования

миллиметрах, разделить на число [redacted] 3,14, получим величину, называемую *модулем m*.

Основные зависимости элементов зубчатого колеса приведены [redacted] табл. 3.

Пример. Определить размеры, необходимые для изготовления зубчатого колеса, имеющего $z = 35$ зубьев [redacted] модуль $m = 3$ мм. Определяем диаметр окружности выступов (наружный диаметр) колеса

$$D_e = (z + 2)m = (35 + 2)3 = 111 \text{ мм},$$

высоту зуба или глубину впадины

$$h = 2,2\ m = 2,2 \cdot 3 = 6,6 \text{ мм};$$

высоту [redacted] зуба

$$h' = [redacted] = 3 \text{ мм}.$$

Для изготовления зубчатых колес по методу копирования применяют дисковые [redacted] пальцевые модульные фрезы. Сущность метода состоит в том, что режущим инструментом последовательно нарезают впадины зубчатого колеса, причем профиль инструмента должен точно соответствовать контуру этих впадин. Зубья нарезают на специальных зубо-



Таблица 3

**Основные [redacted] зубчатого [redacted]**

| Элементы зубчатого колеса | Условное обозначение | Расчетная формула |
|---|---|---|
| Модуль | $m$ | $m = \frac{P}{\pi} = \frac{d_д}{z}$ |
| Шаг, мм | $P$ | $P = \pi m = \frac{\pi d_д}{z}$ |
| Число зубьев | $z$ | $z = \frac{d_д}{m} = \frac{D_e - 2m}{m}$ |
| Диаметр окружности выступов, (наружный диаметр), мм | $D_e$ | $D_e = (z + 2)m = d_д + 2m$ |
| Диаметр делительной окружности, [redacted] | $D_д$ | $D_д = zm = D_e - 2m$. |
| Высота зуба, мм | $h$ | $h = 2,2m$. |
| Высота головки зуба, мм | $h'$ | $h' = m$. |
| Высота ножки зуба, [redacted] | $h''$ | $h'' = 1,2m$. |
| Толщина зуба, [redacted] | $S$ | $S = \frac{t}{2} = \frac{\pi m}{2}$ |
| Расстояние между центрами зубчатых колес [redacted] числом зубьев $z_1$ и $z_2$, [redacted] | $A$ | $A = \frac{(z_1 + z_2)m}{2}$ |

резных станках, [redacted] также [redacted] горизонтально- или универсально-фрезерных станках [redacted] помощью делительной головки. [redacted] последнем случае после того [redacted] профрезеруют одну впадину между зубьями зубчатого колеса, заготовку поворачивают [redacted] $^1/_z$ оборота ($z$ — число зубьев нарезаемого зубчатого колеса). Дисковыми фрезами нарезают зубья зубчатых колес 9—10-й степени точности. На рис. 143, *б* показана дисковая модульная фреза (ГОСТ 10996—64). Дисковые модульные фрезы изготовляют [redacted] затылованным зубом [redacted] передним углом $\gamma = 0$. Форма впадины двух зубчатых колес одного и того же модуля, но [redacted] разным числом зубьев, неодинакова, поэтому для каждого зубчатого колеса одного модуля, но с разным числом зубьев следовало бы иметь свою дисковую модульную фрезу, но практически это неприемлемо. Установлены комплекты дисковых модульных фрез, [redacted] которых каждая фреза данного модуля может быть использована для нарезания зубчатых колес с определенным числом зубьев. Профиль зуба фрезы из комплекта рассчитывается по наименьшему числу зубьев зубчатого колеса [redacted] данном интервале.

По ГОСТ 10996—64 принято три комплекта дисковых модульных фрез из 8, 15 и 26 шт. Комплект из [redacted] штук применяют для наре-

впадин зубьев зубчатых колес с модулем до 8 мм, комплект из 15 шт. — для колес с модулем 9—16 мм и комплект из 26 шт. — для колес с модулем свыше 16 мм. Для нарезания прямозубых зубчатых колес выбирают фрезы с учетом числа зубьев нарезаемого колеса.

Пальцевые модульные фрезы применяют для нарезания прямых, косых и шевронных зубьев на заготовках зубчатых колес больших модулей (больше 8 мм) в условиях единичного и мелкосерийного производства. Пальцевая модульная фреза для черновой обработки отличается от фрезы для чистовой обработки наличием стружколомающих канавок. При черновом фрезеровании зубьев оставляют припуск на чистовую обработку.

В процессе фрезерования периодически проверяют индикаторным устройством установку оправки с заготовкой зубчатого колеса в центрах, чтобы не было биения по диаметру и торцу. Следует напомнить, что необходимо соблюдать определенную последовательность при зубофрезеровании.

1. Установить упоры автоматического выключения продольной подачи.

2. Включить станок кнопкой «Пуск».

3. Установить дисковую модульную фрезу по центру заготовки (в *диаметральной плоскости*) на высоту зуба, так же как и при обработке канавок на цилиндрических поверхностях. Установку фрезы на высоту зуба можно произвести также пробными проходами с проверкой правильности профиля зубомером или нормалемером.

4. Подвести заготовку к фрезе, включить систему охлаждения, включить механическую продольную подачу и профрезеровать первую впадину между зубьями. Проверить шаблоном профиль впадины зуба. При несоответствии профиля впадины шаблону произвести необходимую корректировку по высоте стола.

5. Отвести стол в исходное положение, освободить шпиндель делительной головки и произвести деление. Застопорить шпиндель делительной головки и профрезеровать вторую впадину.

6. Произвести фрезерование остальных зубьев зубчатого колеса.

7. Выключить станок, снять оправку с обработанным зубчатым колесом.

Контроль параметров цилиндрических зубчатых колес осуществляется с помощью специальных приборов.

Прежде чем приступить к фрезерованию зубчатого колеса с вертикальным положением шпинделя делительной головки (рис. 143, *в*), необходимо установить на столе *1* горизонтально-фрезерного станка делительную головку *3* и закрепить ее болтами *2*. Затем корпус *4* делительной головки поворачивают на 90° и закрепляют его винтами. В трехкулачковом патроне *5* устанавливают оправку *6* и закрепляют винтами *11*. На цилиндрическую часть оправки в шпонку надевают заготовку колеса 7 и закрепляют гайкой *8*. После этого, вращая рукой маховички продольного и поперечного перемещений и вертикальной подачи стола *1*, подводят оправку *10* с модульной фрезой *9* к заготовке. Установив соответствующую глубину резания, осуществляют обработку первой впадины зуба. Переход к обработке второй и после-



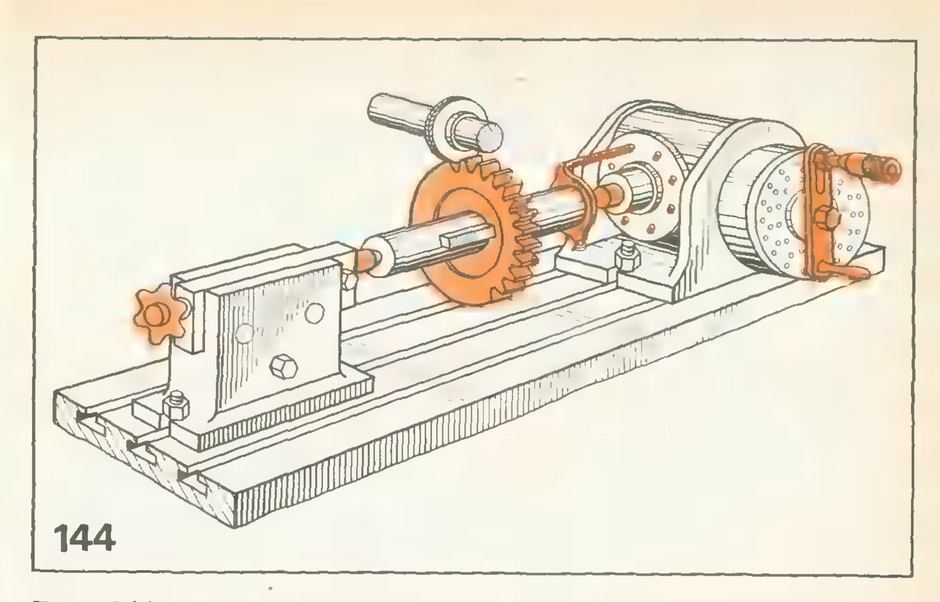


**Рис. 144.**
**Прием фрезерования впадин зубьев модульного колеса при горизонтальном положении шпинделя делительной головки**

дующих впадин осуществляется с помощью делительной головки *12*. На рис. 144 изображен другой прием фрезерования зубчатого колеса на горизонтально-фрезерном станке с горизонтальным расположением шпинделя делительной головки.

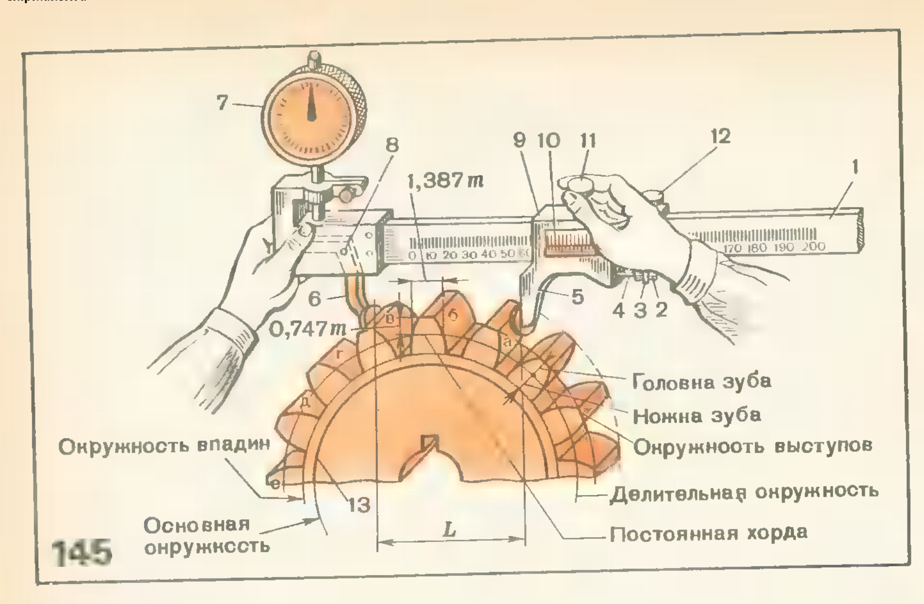
Для контроля длины общей нормали зубьев (размера *L*) применяют специальный штангенциркуль с поворотной губкой и индикаторным устройством (рис. 145). На зуб колеса *13* устанавливают подвижную губку *6* индикатора *7*, которая шарнирно соединена осью *8* со стержнем индикатора, в такое положение, чтобы губка свободно вращалась на оси *8*. Пальцами правой руки слегка отворачивают винт *11* на рамке *9*, а хомутик *2* закрепляют на штанге винтом *12*. Вращают гайку *3* микровинта *4* и осторожно подводят губку *5* к профилю зуба колеса *13*. По нониусу *10* и шкале штанги *1* определяют размер *L* по делительной окружности зубчатого колеса, при этом номинальную толщину зуба по постоянной хорде определяют для прямозубых некоррегированных колес по формуле

$$S_{пх} = \frac{\pi}{2}\cos^2\alpha_д\, m = 1{,}387\ м,$$

где $m$ — модуль измеряемого колеса, мм; $\alpha_д = 20°$ — угол исходного контура.

Высота постоянной хорды от окружности выступов

$$h_{пх} = h' - \frac{\pi}{8}\sin 2\alpha_д\, m,$$




или при $h = m$ и $\alpha_{\partial} = 20°$.

$$h_{\text{п х}} = 0{,}748\ m.$$

Убедившись, что размер *L* выдержан, переставляют губку *5* на зуб *б*, а губку *6* на зуб *г* и проверяют симметричность следующих зубьев (*д*, *е* и т. д.).

Толщину зуба обычно не вычисляют [redacted] указанной формуле, а пользуются данными таблиц, составленными для зубчатых колес [redacted] модулем [redacted] = 1 мм. Затем табличные данные умножают на модуль измеряемого колеса. Штангенциркулем с поворотной губкой *6* [redacted] чашечными наконечниками (см. рис. 145) можно измерять не только шаг зуба, [redacted] и длину общей нормали *L* для нескольких зубьев колеса. Слегка покачивая колеса, следят за тем, чтобы стрелка индикатора *7* была в нулевом положении. За действительный размер *L* принимают среднее значение трех измерений. Если измеряемый размер *L* нарезанного колеса больше допустимого, то производят дополнительную обработку колеса. Для контроля толщины зуба по хорде применяют специальный оптический зубомер (рис. 146), состоящий из корпуса *1*, во внутренней части которого смонтирован оптический механизм [redacted] подвижной горизонтально-вертикальной шкалой *2*. [redacted] нижней части корпуса имеется отверстие, куда вмонтирован микрометрический винт, перемещающий две измерительные губки *3* и *4*.

Прежде чем приступить [redacted] измерению размеров зуба, необходимо установить высотную линейку *5* [redacted] высоту головки зуба таким образом, чтобы вершины измерительных губок находились на делительной окружности зубчатого колеса. Затем левой рукой берутся за зубчатое колесо, а правой — накладывают губки зубомера [redacted] зуб и вращают барабан *6* до касания измерительных губок [redacted] поверхностью зуба. После



**Рис. 145.**
**Контроль [redacted] нор-[redacted] индикаторного устройства**

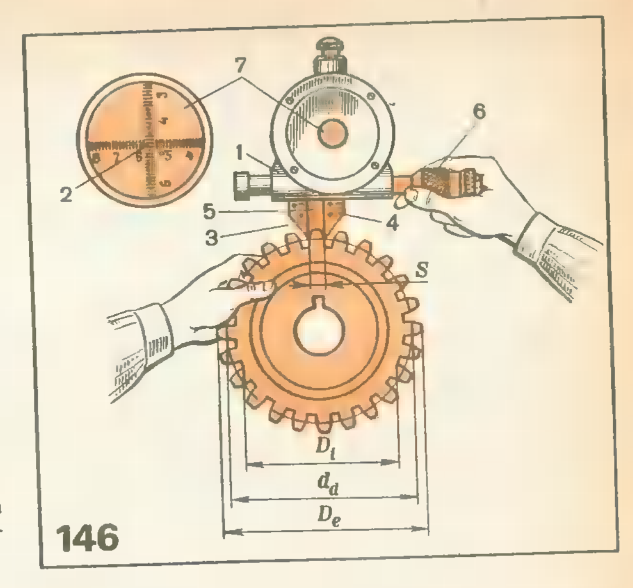



**Рис. 146.**
**Измерение параметров зуба [redacted] оптиче-[redacted] зубомера**

этого по оптическому визиру *7* зубомера отсчитывают толщину зуба и, сравнивая [redacted] с табличным значением, судят [redacted] точности исполнения зубчатого колеса.

Виды брака при фрезеровании зубьев зубчатых колес [redacted] причины, вызвавшие его, приведены ниже.

1. Неправильное число зубьев нарезанного зубчатого колеса — ошибка при делении.

2. Неравномерность шага зубьев — небрежность рабочего при отсчете отверстий в делительном круге, неправильно выбран делительный круг, рабочий не пользовался раздвижным сектором или вращал рукоятку [redacted] разных направлениях.

3. Неправильная высота и толщина зубьев — ошибка [redacted] отсчете глубины фрезерования.

4. Профиль зубьев несимметричен относительно диаметральной плоскости — неправильная установка фрезы.

5. Неправильные размеры зуба по одному или нескольким параметрам — неправильно выбран модуль фрезы или [redacted] номер [redacted] комплекте.

6. Большая шероховатость — затуплен инструмент.

**Фрезерование зубьев зубчатых реек.** Отсчет перемещения стола при обработке зубьев коротких [redacted] неточных реек можно производить по лимбу винта продольной подачи стола станка. Для отсчета перемещений стола при фрезеровании зубьев длинных и точных реек следует пользоваться специальными приспособлениями. Одно из таких приспособлений для обработки зубчатых реек показано на рис. 147. Заготовку рейки *1* крепят на столе *2* горизонтально-фрезерного станка [redacted] помощью планок *3* [redacted] болтов; при этом по длине она располагается вдоль продольной подачи стола. Для того чтобы модульная фреза могла работать при

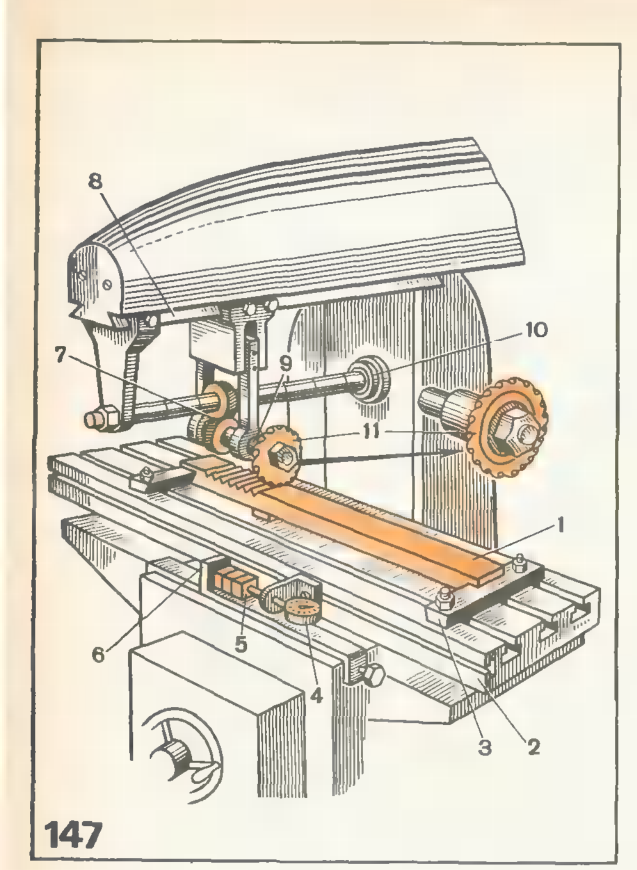



**Рис. 147.**

**Приемы фрезерования зубьев реек с помощью специального приспособления и делительной головки на горизонтально-фрезерном [illegible]**

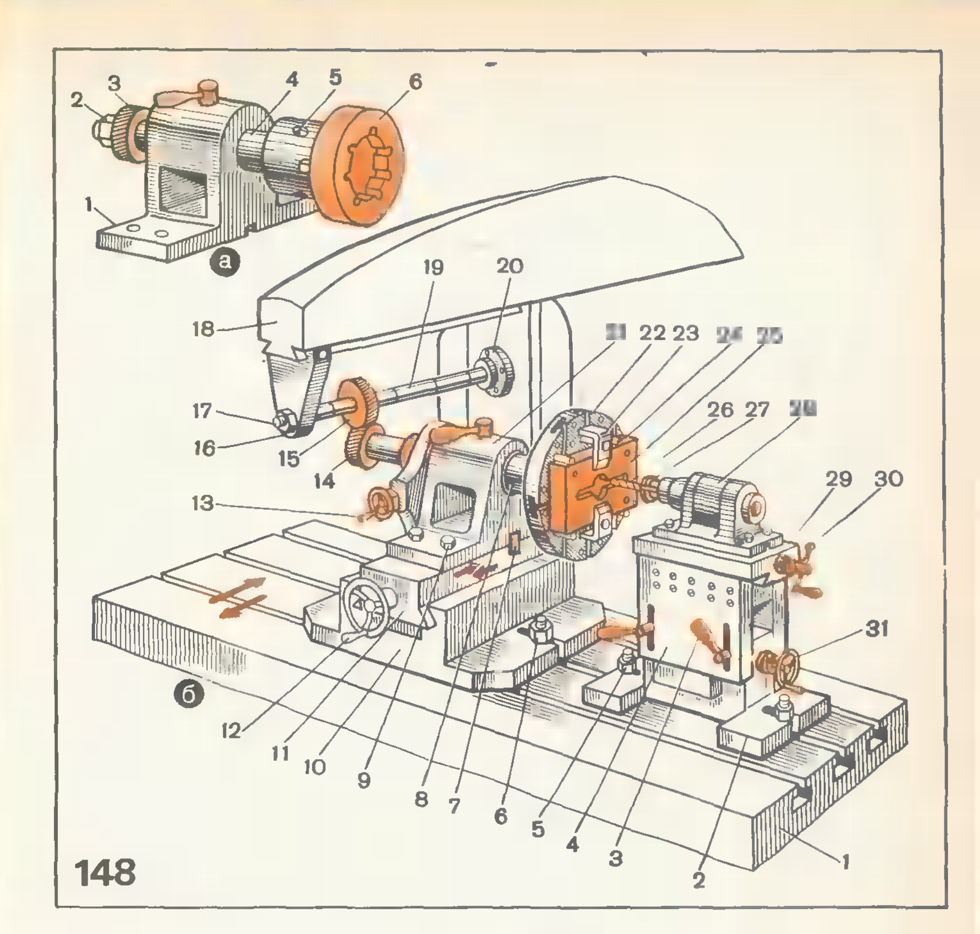



**Рис. 148.**

**Универсальное приспособление для фрезерования:**

[illegible] установочная головка; *б* прием фрезерования внутренних контуров деталей

поперечной подаче стола, используют простое приспособление, которое крепят на направляющей хобота *8*. Приспособление состоит из оправки *9*, на переднем конце которой крепят дисковую модульную фрезу *11*. Фреза получает вращение от шпинделя *10* и пару винтовых колес *7*. Для получения точного шага между зубьями рейки используют индикаторное устройство *4*, закрепляемое [illegible] продольном пазу стола станка, [illegible] набор плиток *5*, который устанавливают на точно прошлифованном угольнике *6*, устанавливаемом на основании суппорта станка.

## [illegible] 7. Приемы фрезерования деталей сложных профилей [illegible] поворотных устройствах

Рассмотрим приемы фрезерования сложных профилей деталей [illegible] применением поворотных устройств.

На рис. 148, *а* показана головка, являющаяся частью универсального приспособления, с помощью которого можно выполнять не только координатно-расточные и фрезерные работы, но и обработку сложных шлицеобразных профилей и деталей. Головка (рис. 148, *а*) состоит из



корпуса *1*, [illegible] котором имеется сквозное, точно расточенное отверстие, с вставленным [illegible] нем шпинделем *4*; на одном конце шпинделя закреплен трехкулачковый патрон *5* [illegible] закрепленной [illegible] нем матрицей *6* пресс-формы, [illegible] [illegible] втором его конце установлено [illegible] шпонке винтовое колесо *3*, закрепленное гайкой *2*.

Головку *21* устанавливают на суппорт *11* универсального приспособления (рис. 148, *б*) и крепят [illegible] суппорте *11* болтами *9*, а винтовое колесо *14* подводят [illegible] винтовому колесу *15* в такое положение, чтобы зубья колес вошли [illegible] зацепление.

Принцип работы универсального приспособления основан на совмещении вращательного движения поворотного столика [illegible] деталью [illegible] прямолинейными перемещениями стола станка.

Приспособление состоит из двух основных узлов. Первый узел состоит из основания *10*, установленного и закрепленного болтами *6* на столе *1* горизонтально-фрезерного станка. На основании [illegible] верхней ее части имеется поперечный паз типа ласточкин хвост, по которому перемещается [illegible] помощью маховичка *12* ползун *11*. [illegible] центре ползуна

имеется шпонка 7, на которую устанавливают и закрепляют болтами 9 головку 21. В верхней части головки имеется отверстие, в котором запрессованы с двух сторон стальные, точно обработанные втулки, с установленным в них шпинделем 8. С левой стороны в головке смонтирована червячная передача, соединенная с маховичком 13. На левой стороне шпинделя 8 установлено и закреплено сменное винтовое колесо 14, а на правой стороне шпинделя на резьбовом конце закреплен сменный поворотный круглый стол 22.

На поворотном столе имеются поперечные и продольные пазы и ряд контрольных отверстий для контрольных штифтов 24, к которым прикладывают обрабатываемую деталь 25, закрепляемую затем прижимами 23.

Второй узел приспособления состоит из стойки 2, установленной и закрепленной болтами 5 на столе 1 станка. На стойке 2 с двух сторон имеются вертикальные направляющие типа ласточкин хвост, по которым с помощью маховичка 31 перемещается вверх и вниз головка 4, которую закрепляют рукояткой 3. На верхней части головки имеются продольные направляющие, по которым с помощью рукоятки перемещается ползун 29. На ползуне жестко закреплен болтами электромоторчик 28, приводящий в движение шпиндель, у которого имеется конусообразное сквозное отверстие с вставленной цангой 27 и фрезой 26.

Прежде чем приступить к обработке внутреннего контура матрицы 25, нужно в шпиндель 20 станка вставить оправку 17 и надеть на нее упорные кольца 19 и червячное колесо 15; затем на хобот 18 и оправку 17 надевают серьгу 16 и закрепляют. С помощью маховичков продольного и поперечного перемещений и вертикальной подачи стола 1 подводят зубчатое колесо 14 к колесу 15 так, чтобы их зубья вошли в зацепление. После этого включают станок и электромоторчик и, вращая левой рукой маховичок 31, а правой — рукоятку 30, подводят фрезу 26 к матрице 25 и фрезеруют в ней вначале внутреннее эллипсообразное глухое отверстие; затем левой рукой, вращая маховичок 12, перемещают ползун и фрезеруют паз по всей длине профиля матрицы, при этом периодически проверяют паз профиля матрицы плитками концевых мер.

В практике инструментального производства часто приходится обрабатывать пуансоны и матрицы штампов и пресс-форм, профиль которых имеет большие радиусные поверхности (от 200 мм и более). Для обработки таких деталей используют поворотные столы, которые устанавливают на фрезерных станках.

На рис. 149 показаны приемы фрезерования на вертикально-фрезерном станке больших заготовок пуансона гибочного штампа с получением выпуклых и вогнутых поверхностей.

Прежде чем приступить к работе, необходимо установить (предварительно) и закрепить слегка болтами 3 угольник 2 на поворотном столе 1 (рис. 149, б) вертикально-фрезерного станка. Затем к угольнику 2 прикладывают заготовку пуансона 4 и закрепляют ее с двух сторон струбцинами 5. В шпиндель 7 головки вставляют концевую фрезу 6, прикладывают к ее боковой режущей части иглу (рис. 149, а) и приклеивают мастикой.



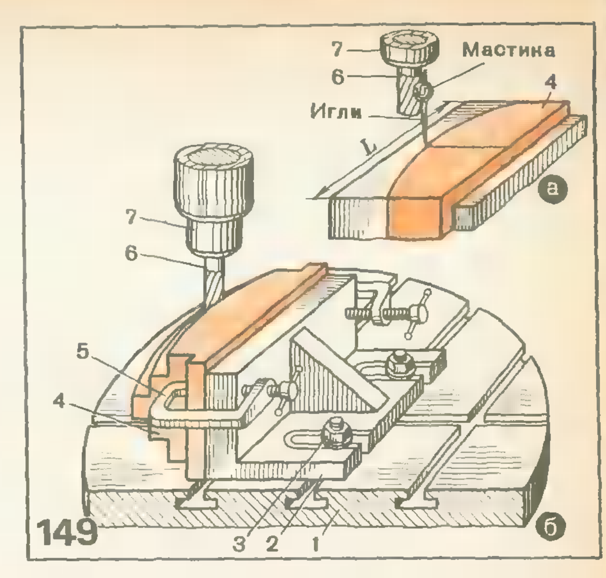
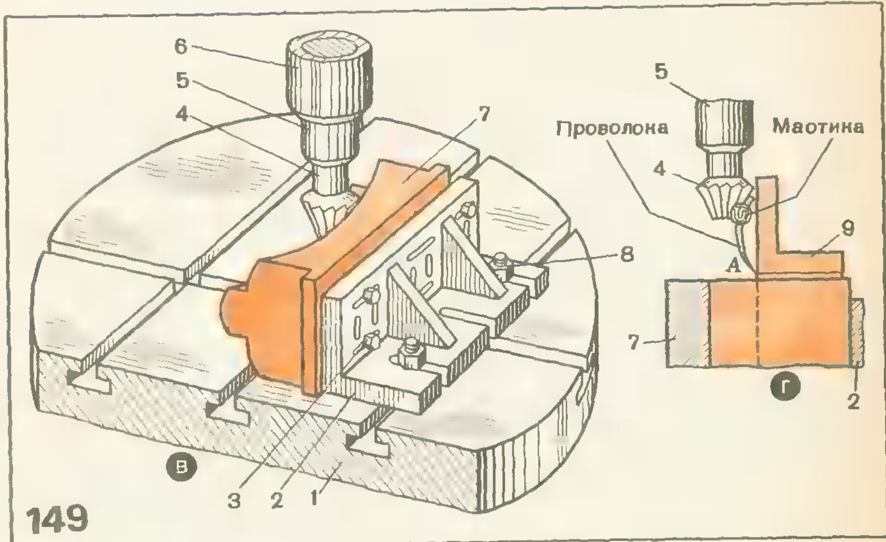



**Рис. 149.** Приемы фрезерования больших заготовок с получением выпуклых (*а*, *б*) и вогнутых (*в*, *г*) поверхностей




С помощью маховичков продольного и поперечного перемещений стола (см. рис. 149, б) и маховичка вертикальной шпиндельной головки подводят иглу к размеченному на заготовке пуансона 4 дуге окружности и острие чертилки устанавливают в положение, которое показано на рис. 149, а, не доводя до поверхности заготовки на 0,5—1 мм. Вращая маховичок головки поворотного стола 1 (рис. 149, б), поворачивают стол с заготовкой и, слегка передвигая по столу 1 угольник 2 с заготовкой, устанавливают его в такое положение, чтобы риска расположилась под острием иглы. После этого окончательно закрепляют болтами 3

угольник *2* на столе станка и приступают к обработке профиля пуансона, при этом периодически проверяют его радиус по шаблону, а высоту профиля микрометром.

На рис. 149, *в* показан прием фрезерования выпукло-вогнутой поверхности на заготовке вкладыша *7* пресс-формы, закрепленного болтами *3* и *8* на угольнике *2*, находящемся на столе *1*. В шпиндель *5* вертикальной головки *6* вставляют концевую радиусную фрезу *4*, прикладывают между ее зубьями изогнутый кусочек латунной проволоки диаметром 1,5 мм с запиленным острым концом (рис. 149, *г*) и приклеивают его мастикой. На заготовку устанавливают угольник *9* и прикладывают его к режущей части фрезы *4*. Слегка отгибают конец проволоки так, чтобы его острый конец коснулся плоскости угольника *9*. Убедившись, что конец отогнутой проволоки находится в одной плоскости с диаметром фрезы *4*, не меняя установку фрезы с иглой, снимают угольник *9*, и с помощью маховичков продольного и поперечного перемещений стола *1* и маховичка вертикальной подачи шпиндельной головки *6* подводят конец иглы *А* к заготовке вкладыша *7* и, рукой вращая поворотный стол *1*, слегка перемещают по столу угольник *2* до тех пор, пока острие иглы *А* не совпадет с размеченной риской на заготовке. После этого окончательно закрепляют болтами *8* угольник на поворотном столе *1* и приступают к обработке вогнутой цилиндрической поверхности вставки матрицы пресс-формы.

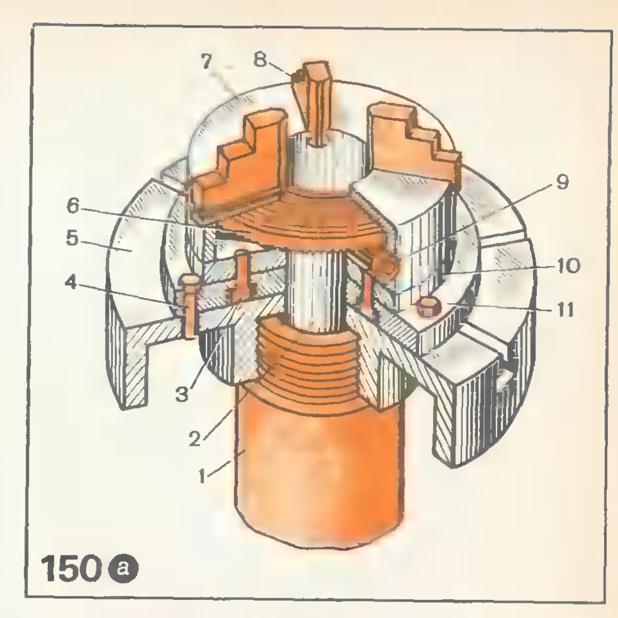
На рис. 150, *а* изображен трехкулачковый патрон с самоцентрирующими кулачками, установленный на поворотном столе вертикально-фрезерного станка. Патрон состоит из корпуса *7* с вмонтированным в нем зубчатым колесом *6*, которое соединено с зубчатым валиком *9*. Спиралеобразные пазы колеса соединены с выступами трех кулачков *8*, которые при вращении валика влево или вправо, перемещаясь по спиралеобразным пазам колеса, сжимаются или разжимаются. В нижней части корпуса в выточке установлен круглый диск *10*.

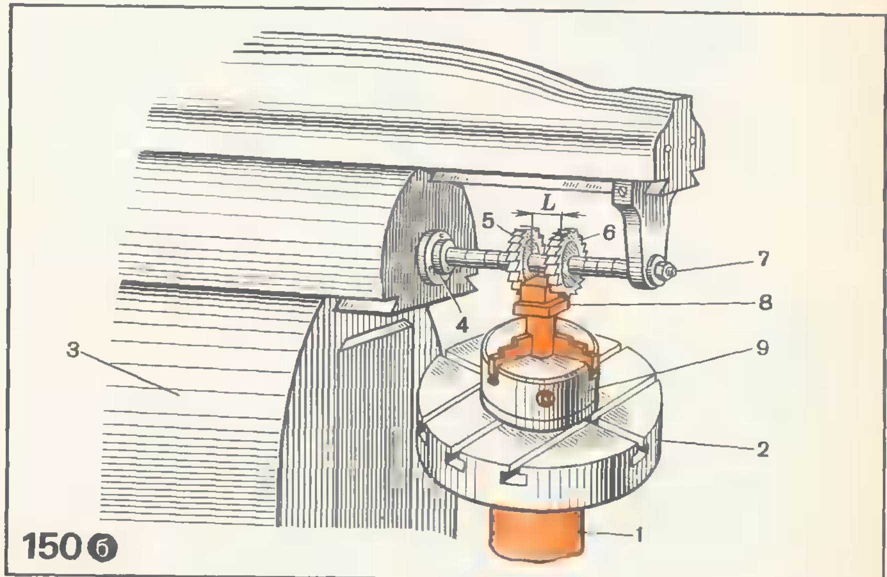
Прежде чем установить патрон на поворотный стол *5*, необходимо вставить цилиндрический валик *2* в отверстие шпинделя *1* поворотной головки, закрепленной на боковой стороне станины станка типа Декель (стол снят). К нижнему диску *10* прикрепляют винтами *3* кольцо *11* и надевают кольцо с патроном на цилиндрический валик *2* и поворотный стол *5* так, чтобы отверстия кольца совпали с резьбовыми отверстиями стола. Затем кольцо и стол закрепляют болтами *4*. Убедившись, что кольцо с патроном надежно закреплены на столе, руками поворачивают стол и навинчивают его на шпиндель *1*.

На рис. 150, *б* показаны приемы фрезерования двумя дисковыми фрезами пуансона квадратного профиля в трехкулачковом самоцентрирующем патроне на широкоуниверсальном фрезерном станке. Прежде чем приступить к обработке квадратного профиля, необходимо установить в шпиндель *4* станка оправку *7* и надеть на нее две дисковые фрезы *5* и *6*, обеспечив между ними с помощью прокладочных колец размер *L*. Закрепив в трехкулачковом патроне *9* хвостовик квадратной заготовки пуансона *8*, приступают к осуществлению операции фрезерования. Подводят две дисковые фрезы *5* и *6* и устанавливают их симметрично относительно оси заготовки, затем, вращая рукой



**Рис. 150.**
**Фрезеровавие квадратной заготовки пуансона в трехкулачковом самоцентрирующем патроне:**
*а* — трехкулачковый самоцентрирующий патрон; *б* — прием фрезерования двумя дисковыми фрезами




маховичок вертикальной подачи шпиндельной головки *1*, поднимают стол *2*, подводят заготовку пуансона *8* к фрезам *5* и *6* и фрезеруют квадрат, строго выдерживая его размер и периодически проверяя микрометром.

Для обработки заготовок матриц пресс-форм с внутренними шлицевыми пазами может быть использован поворотный стол *13* (рис. 151, *б*),

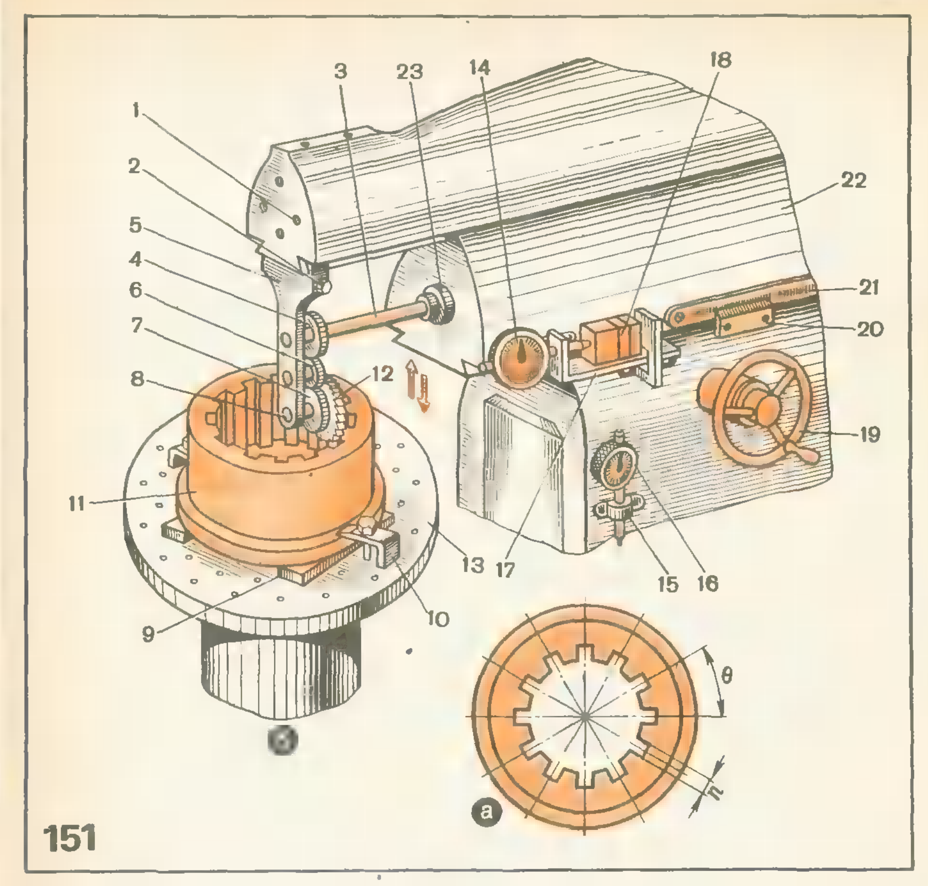



**Рис. 151.**
**Обработка [redacted] матрицы пресс-формы [redacted] внутренними шлицевыми [redacted]**
[redacted] деталь; *б* — прием фрезерования пазов на поворотном столе [redacted] помощью специального приспособления [redacted] индикатором

установленный на горизонтально-фрезерном станке. На столе уложены две параллельные планки *9*, на которые устанавливают заготовку матрицы *11*, закрепленную с двух сторон прижимами *10*.

Для осуществления процесса обработки внутреннего [redacted] [redacted] матрице *11* используют простое приспособление. [redacted] шпиндель *23* ползуна *22* вставляют конус оправки *3*, на конце которой насажено ведущее зубчатое колесо *4*. Конец оправки вставляют [redacted] отверстие серьги *5*, закрепленной болтом *2* на хоботе *1*. На валик *8* и промежуточный валик надевают специальные зубчатые колеса *6* [redacted] *7* [redacted] дисковую фрезу *12* и закрепляют гайками. Правой рукой вращают маховичок *19* [redacted] выдвигают ползун *22* [redacted] такое положение, чтобы дисковая фреза *12* находилась



точно против фрезеруемого паза. На столик *17* укладывают блок плиток *18*, подводят к нему наконечник индикатора *14* [redacted] определяют размер по нониусу *20* и масштабной линейке *21*. Для точной установки стола *13* по высоте обрабатываемой детали [redacted] некоторых случаях используют индикатор *16*, установленный [redacted] боковой части станины станка [redacted] закрепленный хомутиком *15*.

Перед тем, как приступить к фрезерованию пазов (рис. 151, *а*), с помощью маховичка вертикальной подачи стола станка вводят [redacted] отверстие заготовки матрицы фрезу *12* [redacted] очень осторожно, вращая маховичок продольного перемещения стола станка, подводят фрезу [redacted] поверхности внутреннего цилиндра заготовки матрицы. После этого фрезеруют вначале первый паз, затем таким же способом, повернув стол *13* с заготовкой [redacted] угловой шаг θ, фрезеруют второй паз [redacted] т. д., выдержи[redacted] ширину паза *n*, которую периодически проверяют плитками концевых мер.

Фрезерование глухих шлицев [redacted] пуансон-матрице (рис. 152, *а*) роторного штампа производят [redacted] круглом поворотном столе (рис. 152, *б*), установленном на вертикально-фрезерном станке. Большое число

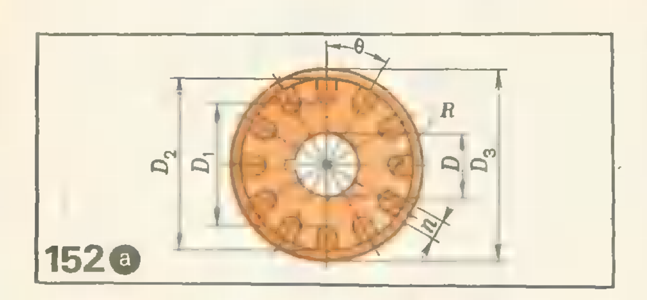
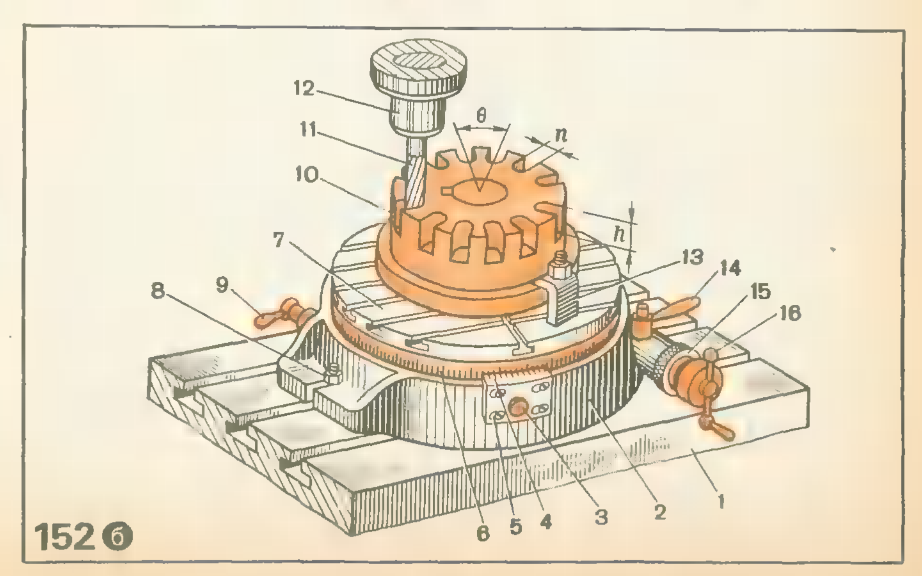



**Рис. 152.**
**Обработка внутренних [redacted] (глухих) шлицеобразных профилей пуансон-матрицы [redacted] поворотном [redacted] ле:**
[redacted] — деталь, [redacted] - приемы фрезеро[redacted]



несквозных (глухих) шлицев на пуансон-матрице во много раз усложняет их обработку. От фрезеровщика требуется большой опыт [redacted] внимание, так как при ошибке хотя бы в одном размере шлица или впадины на 0,03—0,05 мм, будут нарушены размеры [redacted] остальных шлицах и впадинах. Поэтому прежде чем приступить [redacted] обработке, нужно тщательно протереть стол *1* станка [redacted] установить [redacted] него круглый поворотный стол *2*, закрепить его с двух сторон болтами *8*, после чего вставить [redacted] центральное отверстие стола переходной контрольный палец (на рисунке не показан) [redacted] надеть на него пуансон-матрицу *10*, закрепив ее с двух сторон прижимами *13*. Затем [redacted] шпиндель *12* необходимо вставить концевую фрезу *11*, диаметр которой должен быть меньше на 0,1 мм ширины паза (см. рис. 152, *а*). Рукой опускают шпиндель *12* с фрезой *11* [redacted] подводят ее [redacted] наружной поверхности пуансон-матрицы *10*; как только фреза коснется поверхности матрицы, руками захватывают рукоятку *16* и, слегка вращая ее, поворачивают стол *7* [redacted] такое положение, чтобы риски нониуса *4* совпали с риской угломерной шкалы *6* поворотного стола *7*. Затем закрепляют нониус *4* винтами *3* и *5* и рукоятки *9* и *14*. Убедившись, что заготовка точно установлена по отношению к фрезе, опускают фрезу *11* [redacted] устанавливают на требуемую глубину $h$ впадины. По лимбу *15* маховичка продольного перемещения стола *1* подводят фрезу [redacted] заготовке пуансон-матрицы *10* и фрезеруют вначале первый паз, затем поворачивают стол [redacted] пуансон-матрицей на заданный угол $\theta$ [redacted] фрезеруют второй, третий паз и т. д., строго выдерживая угол $\theta$, ширину паза [redacted] и диаметр $D_1$ (см. рис. 152,*а*); при этом все время проверяют толщину шлица [redacted] высоту $h$ впадины.

На рис. 153 изображен другой прием фрезерования [redacted] круглом поворотном столе внутренней поверхности матрицы пресс-формы, имеющей сложный профиль (с четырьмя выступами). Прежде чем приступить [redacted] обработке профиля матрицы, необходимо установить на столе *1* вертикально-фрезерного станка поворотный стол *2* (рис. 153,*б*). [redacted] шпиндель *14* вставляют цангу *13* с грибкообразным центром. Грибкообразный центр вводят [redacted] центральное отверстие поворотного стола *7*. Затем маховичком поперечной подачи устанавливают поворотный стол [redacted] такое положение, чтобы пазы основания стола *2* совпали с Т-образны-[redacted] пазами стола *1* станка [redacted] закрепляют его болтами *10*. Сцентрировав таким способом поворотный стол *7*, грибкообразный центр вынимают из цанги *13* [redacted] закрепляют концевую фрезу *12*. Убедившись, что поворотный стол [redacted] фреза надежно закреплены [redacted] станке, в центральное отверстие поворотного стола *7* вставляют контрольный палец *6*, устанавливают [redacted] него заготовку матрицы *15* [redacted] закрепляют ее прижимами *9*. Затем слегка отжимают рукоятки *11* и *16* и, вращая маховички вертикальной подачи шпиндельной головки и продольного и поперечного перемещений стола *1*, подводят фрезу *12* [redacted] заготовке матрицы *15*. Пальцами правой руки захватывают рукоятку *17* и, осторожно вращая ее, устанавливают заданный размер. Фрезеруют внутреннюю цилиндрическую поверхность диаметром $D$ (рис. 153, *а*), не доходя до выступов [redacted] оставляя припуск 0,2—0,3 мм. После этого с помощью винта *3* фиксируют нониус *5* и закрепляют его винтами *4* на основании стола *2* [redacted] таком положении, чтобы нулевая риска нониуса *5* совпала с риской



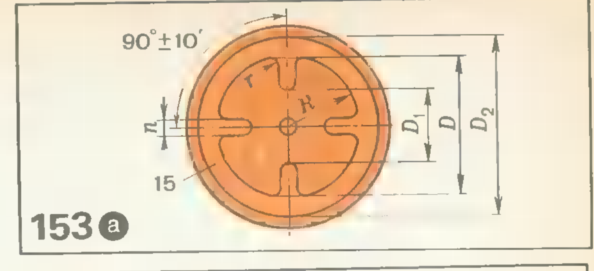
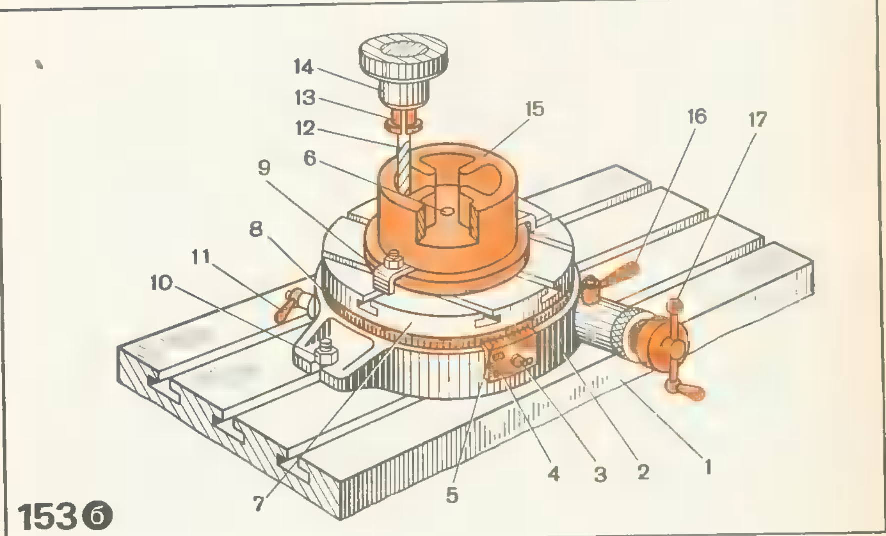



**Рис. 153.**
**Обработка внутренней [redacted]верхности матрицы [redacted] четырь[redacted] выступами [redacted] поворотном столе:**
*а* — деталь; [redacted] — приемы фрезерования




шкалы *8*, заданного угла поворота 90°±10′. Рукоятками *11* и *16* закрепляют поворотный стол и приступают [redacted] окончательной обработке внутреннего контура матрицы, выдерживая размеры [redacted] шлицев и диаметр $D_1$, а также радиусы $r$ и $R$ (см. рис. 153, *а*).

Для обеспечения требуемой шероховатости [redacted] точности обрабатываемых матриц пресс-форм применяют комплекты оснастки (поворотные столы, универсальные приспособления и др.), обработку осуществляют на универсально-фрезерных станках повышенной точности [redacted] жесткости (шпиндель в нагруженном состоянии должен иметь биение не более 0,007 мм). Чистовое фрезерование обычно выполняют на фрезерных станках типа 6В7517.

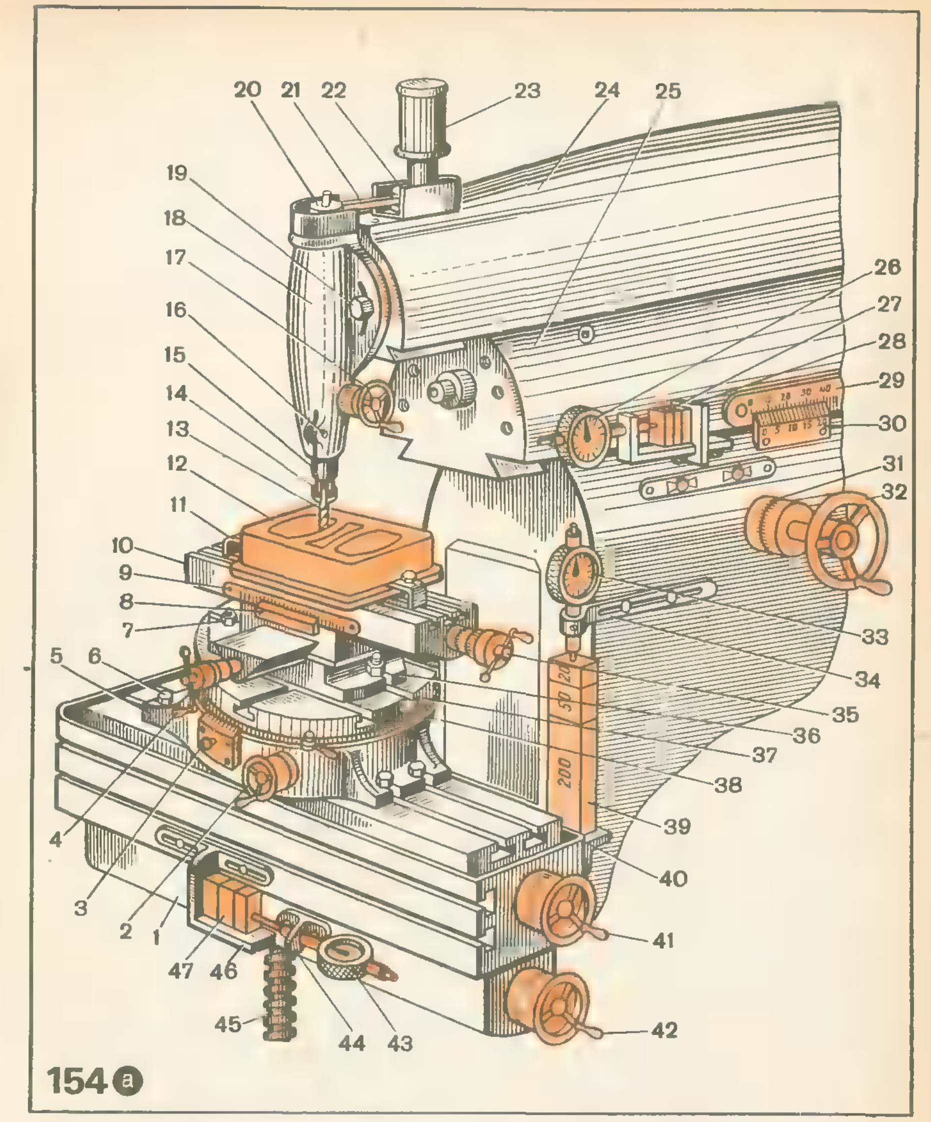
В процессе подготовки [redacted] чистовому фрезерованию необходимо проверить точность фрезерных станков [redacted] наличие комплекта цанговых патронов, точных параллельных тисков, универсально-установочных приспособлен[redacted], круглых поворотных столов и трехкулачковых патронов, набора плиток концевых мер, индикаторов [redacted] различных измерительных инструментов. Наибольшее сокращение вспомогательного времени при чистовом фрезеровании [redacted] высокое качество обработки сложных сопряженных профилей деталей штампов [redacted] пресс-форм достигается при

одновременном (комплексном) использовании универсальных приспособлений и круглых поворотных столов, установленных на вертикально-фрезерном станке, быстроходных фрезерных головок и индикаторных устройств. Рассмотрим комбинированный способ фрезерования матрицы со сложным внутренним профилем на универсальном приспособлении и поворотном столе (рис. 154, *а*). Прежде чем приступить к работе, необходимо установить на стол *1* станка основание *5* поворотного стола *37* и закрепить его с двух сторон болтами *6*. Затем в центральное отверстие поворотного стола вставляют переходной грибок, устанавливают на него корпус приспособления *36* (отверстие в нижней части корпуса заведомо расточено) и закрепляют его с двух сторон болтами *7*. На стол *10* приспособления укладывают матрицу *12* и закрепляют ее с двух сторон прижимами *11* в таком положении, чтобы ее осевые размеченные линии (рис. 154, *б*) совпали с нулевыми рисками нониуса *8* и шкалы линейки *9*. Корпус головки *18* устанавливают с помощью маховичка *17* к торцовой поверхности хобота *24* и закрепляют ее с двух сторон болтами *19*. На шкив *20* надевают ремень *21*, который, в свою очередь, надет на шкив *22* электродвигателя *23*. Наличие на шкивах трех ступенек дает возможность сообщить фрезам три частоты вращения (до 1500 об/мин).

В шпиндель *15* вставляют цангу *14* с фрезой *13* и закрепляют регулировочным винтом *16* так, чтобы не было биения шпинделя фрезы. Убедившись, что стол, приспособление и головка с фрезой надежно закреплены, правой рукой вращают маховичок *32* лимба *31*, перемещают ползун *25* с хоботом *24* и быстроходной головкой по направляющим станины на такое расстояние, чтобы центр фрезы *13* находился в центре разметочной линии заготовки матрицы. Определяют фактический размер по показанию нониуса *29* и по шкале *30*. Затем в отверстия державок *28*, *34* и *44* вставляют индикаторы *26*, *33* и *43* и закрепляют. На установочные угольники *40* и *46* укладывают блоки плиток концевых мер *27*, *39* и *47*, устанавливают по ним стрелки индикаторов так, чтобы они были в нулевом положении. Убедившись, что заготовка матрицы и индикаторные устройства установлены точно, включают станок. Вращая маховички *41* и *42* продольного и поперечного перемещений стола и маховичок *17*, винтом *45* вертикальной подачи стола *1* подводят фрезу *13* к заготовке матрицы и приступают к фрезерованию. Вначале фрезеруют участки поверхности в центральном малом окне, затем перемещают стол с заготовкой матрицы и последовательно фрезеруют выпукло-вогнутые поверхности (см. рис. 154, *б*), сопрягая плоскости контура окон с цилиндрическими поверхностями радиусов $R$ и $R_1$, выдерживая размеры $L_1$, $L_2$ и высоту $h$. При этом периодически пересчитывают размеры и меняют блоки плиток концевых мер и установку индикаторных устройств, совмещая их показания с показаниями лимбов маховичков *2*, *4* и *35*, а также показания нониуса *3* и шкалы *38* круглого поворотного стола.

После обработки внутренних глухих оформляющих поверхностей сопряженного профиля окон в углах остается металл в виде выступов и гребешков, который необходимо удалять на слесарных операциях (вырубке, чеканке, припиловке и т. д.). Для облегчения этих слесарных





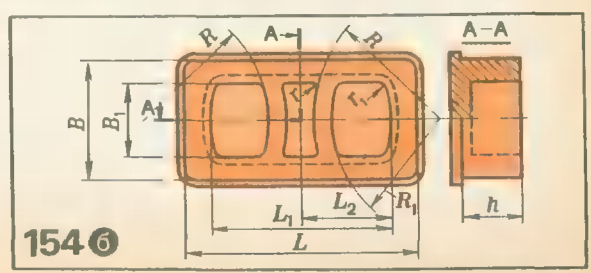




**Рис. 154.**

**Комбинированный способ фрезерования матрицы со сложным внутренним профилем на универсальном приспособлении и поворотном столе:**

*а* — прием фрезерования; *б* — деталь

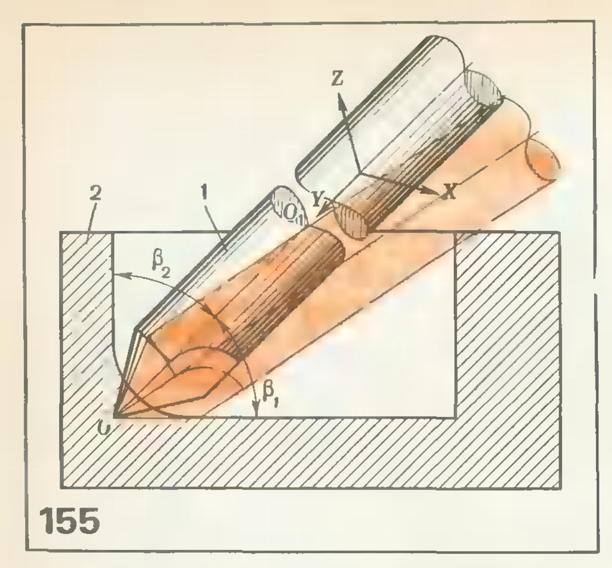
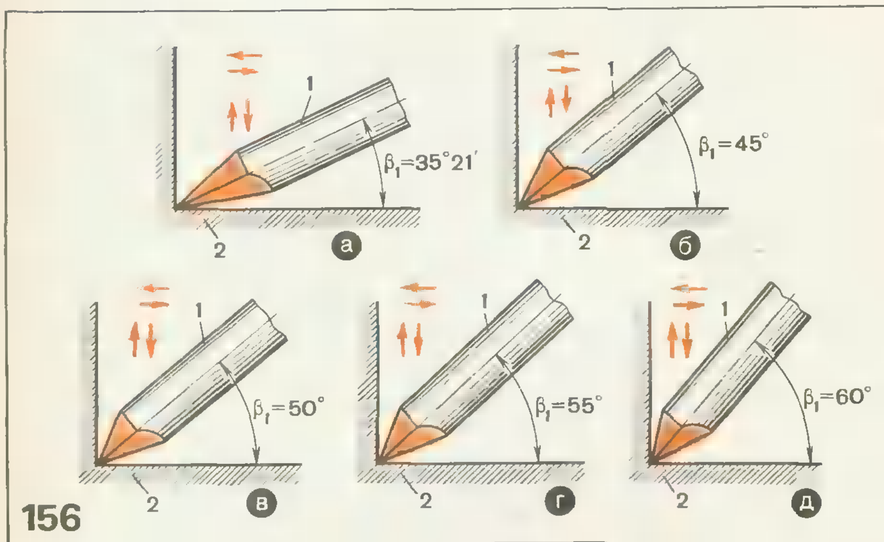



**Рис. 155.** Схема обработки трехгран- [redacted] углов в полости матрицы специальными угловыми двухперыми фрезами

**Рис. 156.** Положения фрез под различ- [redacted] углами [redacted] процессе обработки

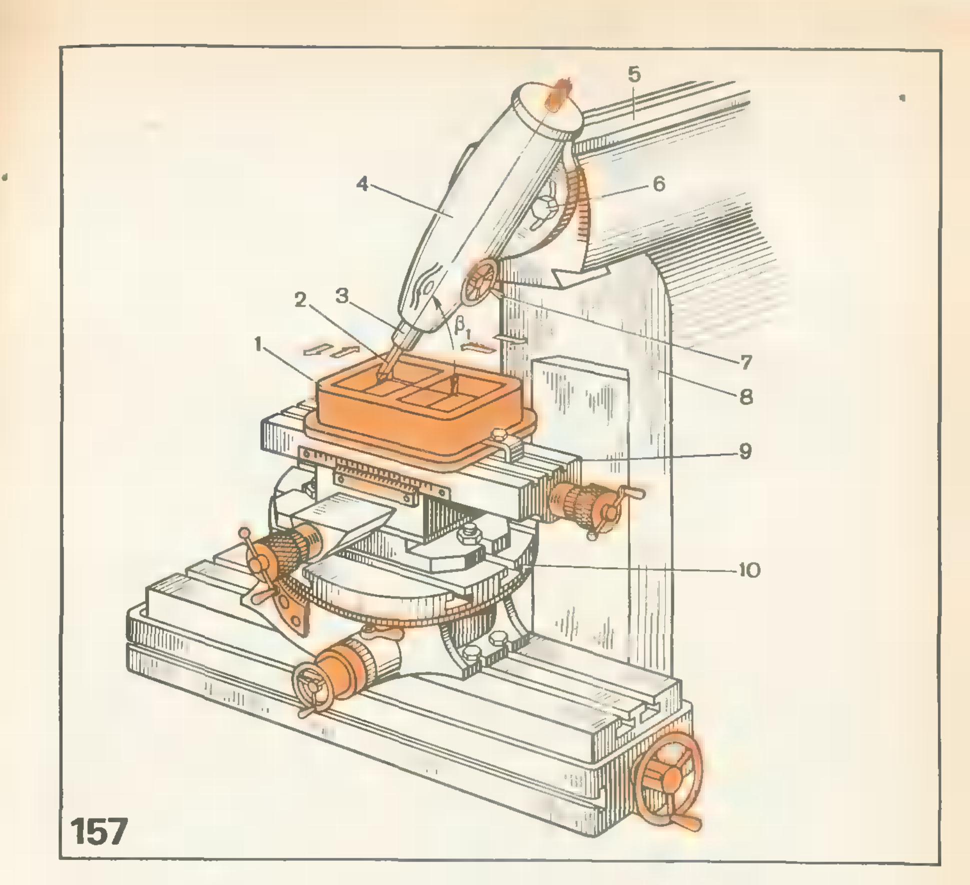
**Рис. 157.** Прием фрезерования внутренних поверхностей [redacted] [redacted]рице пресс-формы [redacted] специальном приспособлении




работ авторами-новаторами Б. В. Соколовым и В. А. Кузиным (г. Киев) разработаны [redacted] внедрены [redacted] производство специальные угловые фрезы (рис. 155), с различными углами: 41°20′; 47°40′, 53°40′, 60° [redacted] 70°42′. Фрезы применяют только для чистового фрезерования. Шероховатость обработанной поверхности такими фрезами соответствует $Rz = 160 \div 80$ мкм, почти полностью исключаются слесарные операции.

На рис. 155 изображена схема положения специальной фрезы *1* по отношению к обрабатываемым поверхностям, представляющих собой трехгранный угол [redacted] матрице *2*; $OO_1$ — ось фрезы; $\beta_1$— угол наклона оси



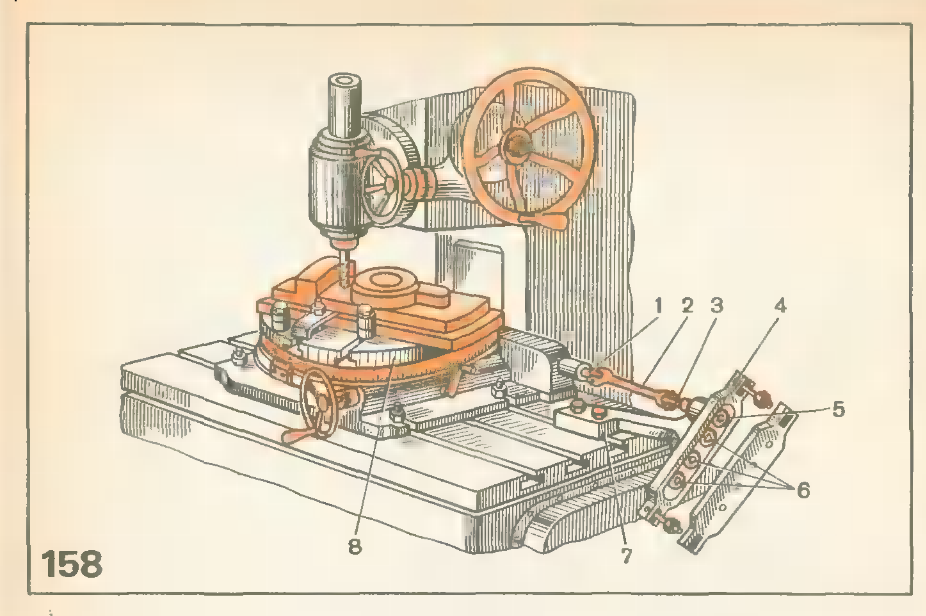



фрезы к горизонтальной поверхности, $\beta_2 = 90°$; $\beta_1$— угол наклона оси фрезы по отношению [redacted] вертикальной поверхности.

Например, для обработки углублений [redacted] местах сопряжения трех поверхностей матрицы *2* используют угловые фрезы *1* с разными углами профиля [redacted] при различной их установке по отношению [redacted] поверхностям детали (рис. 156, *а—д*). На рис. 157 показана обработка внутренних поверхностей двухместной матрицы пресс-формы. Здесь успешно используют концевые фрезы, показанные [redacted] рис. 155.

Подготовка и настройка станка кругового поворотного стола *10*, установка заготовки [redacted] столе приспособления *9* здесь осуществляется аналогично тому, как было изложено выше (см. рис. 154). Следует лишь отметить, что [redacted] данном случае головку *4* поворачивают на угол $\beta_1$ [redacted] закрепляют с двух сторон болтами *6* на ползуне *5*. В шпинделе *3* устанавливают специальную двухперую фрезу *2*. После этого осуществляют установку фрезы.

Убедившись, что приспособление с матрицей и фреза установлены правильно, включают станок. Левой рукой, вращая маховичок *7*, опускают или поднимают фрезу *2*, [redacted] правой, вращая маховичок *35*




(см. рис. 154, *а*), перемещают по направляющим станины [redacted] ползун *5* и обрабатывают углы [redacted] профиле матрицы *1*.

Сложные профили вставок матриц для форм литья под давлением обрабатывают на вертикально-фрезерных станках [redacted] поворотным столом и механической подачей (рис. 158).

Валик *1* механизма подачи шарнирно соединен осями с тягой *2* и валиком *3*, на котором установлено ведущее зубчатое колесо *5*, вмонтированное [redacted] коробке *4* (гитаре) с кронштейном *7* и закрепленной на столе станка. Наличие сменных зубчатых колес *5* [redacted] *6* позволяет получить требуемую круговую подачу (вращение) стола *8*.

На рис. 159 изображен прием чистового фрезерования сложного профиля вставки матрицы пресс-формы на горизонтально-фрезерном станке с поворотным столом.

На столе *1* станка устанавливают корпус поворотного стола *3* и закрепляют болтами *2*. На стол кладут вставку матрицы *9* и закрепляют ее с двух сторон прижимами *14*. [redacted] шпиндель *6* горизонтальной головки вставляют концевую фрезу *7* (рис. 159, операция I), затем правой рукой вращают рукоятку *11* и по шкале *12* лимба, угломерной шкале *4* и нониусу *13* устанавливают стол *5* [redacted] такое положение, чтобы боковые поверхности вставки матрицы *9* находились перпендикулярно столу *1* станка. Стол *5* закрепляют рукояткой *10*. Затем [redacted] помощью маховичков продольного и поперечного перемещений [redacted] вертикальной подачи поднимают консоль стола *1* со вставкой матрицы *9* и подводят [redacted] фрезе *7*. Вначале фрезеруют два радиусных паза [redacted] вставке (операция I), затем слегка отворачивают рукоятку *10*, поворачивают рукояткой *11* стол *5* со вставкой матрицы *9* и снова закрепляют его рукояткой *10*; фрезеруют противоположные два паза. Убедившись, что пазы и выступы обрабо-



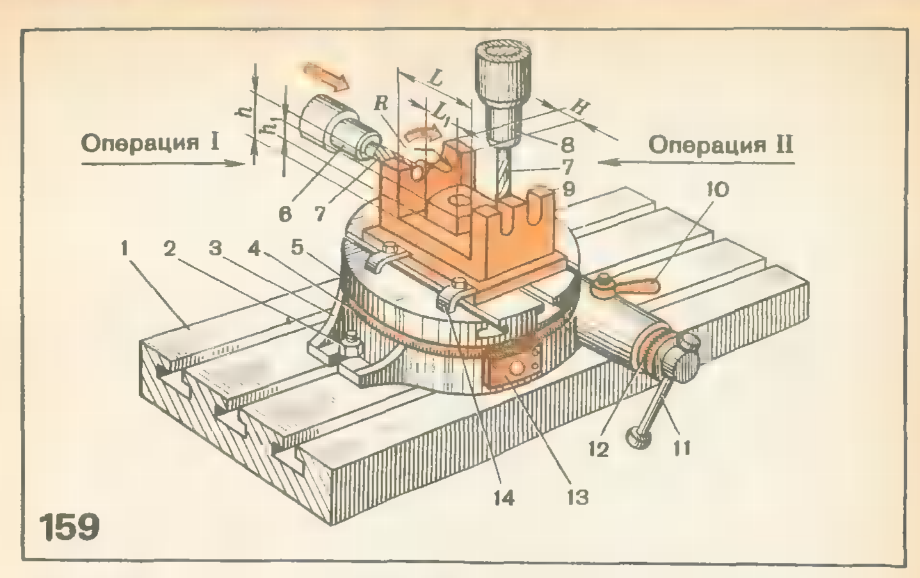


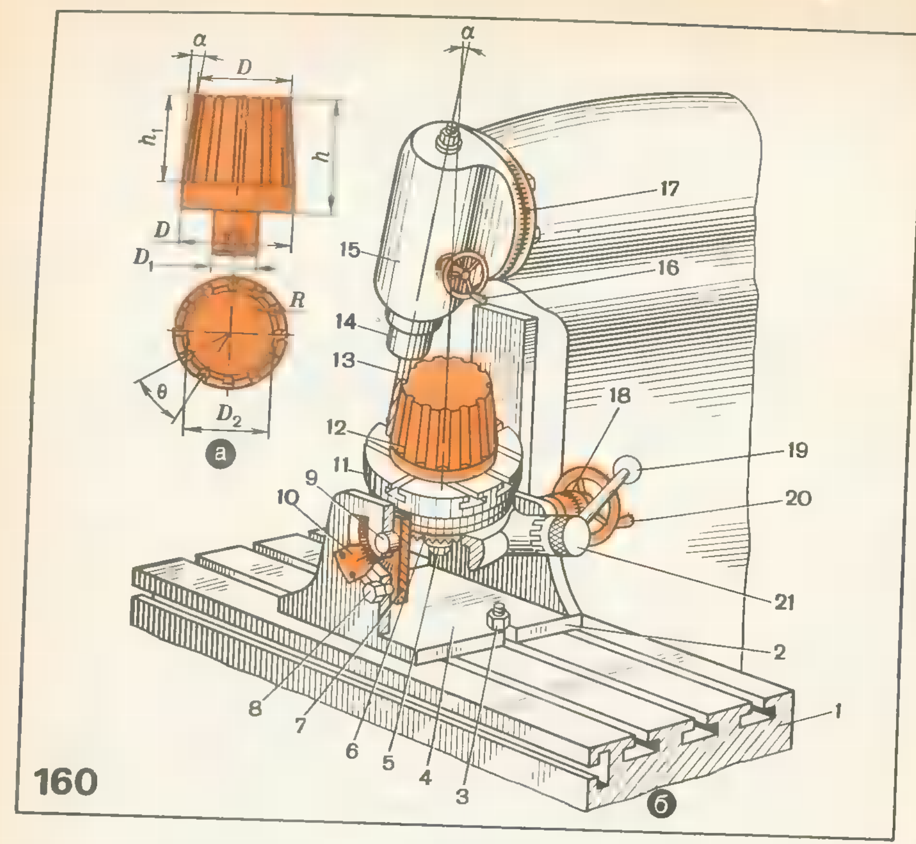

**Рис. [redacted]**
***Прием фрезерования [redacted] сопряженного профиля [redacted] матрицы [redacted] ротном [redacted] с механической подачей***

**Рис. 159.**
***Прием чистового фрезерования [redacted] матрицы [redacted] профиля [redacted] поворотном столе***

таны точно [redacted] размер, фрезу *7* вынимают [redacted] шпинделя *6* горизонтальной головки и вставляют [redacted] шпиндель *8* вертикальной головки станка (операция II). Осторожно подводят фрезу *7* к вставке матрицы *9* и фрезеруют вначале внутренние стороны, выдерживая размеры *h*, *H* и *L*, затем подводят фрезу [redacted] выступу [redacted] центре вставки [redacted] фрезеруют его, выдерживая [redacted] размеры $h_1$ и $L_1$. Обработав внутренний профиль, фрезу *7* подводят [redacted] наружному контуру вставки и, вращая стол *5*, фрезеруют наружную фасонную поверхность радиусом *R*. При этом периодически проверяют микрометром [redacted] штангенглубиномером наружный и внутренний профили вставки.

В данном случае для достижения требуемых размеров и точности обрабатываемого профиля во вставке матрицы выступ $h_1$ матрицы целесообразно обрабатывать [redacted] одной установки (рис. 159, операция II).

Рассмотрим обработку фасонных радиусных шлицев конусных пуансонов на вертикально-фрезерном станке [redacted] поворотной головкой [redacted] специальном универсальном поворотном столе (рис. 160, *б*). На столе *1* вертикально-фрезерного станка устанавливают корпус *2* поворотного стола и закрепляют болтами *3*. Поворотный стол прост по конструкции. Он состоит из корпуса *2* с двумя стойками. [redacted] стойках имеются расточенные отверстия, куда вставлены оси *9*. Одна ось закреплена на выступе *7* основания *4* поворотного стола *11*, другая ось соединена с лимбом *18* и маховичком *20*. В нижней части основания и поворотной головки закреплено зубчатое кольцо *6*, а на боковой стороне головки




имеется пустотелая бобышка *21* [redacted] шлицеобразными зубьями, [redacted] которые входят шлицевые зубья головки. В левой стойке корпуса *2* имеется окно с нониусом *10*, [redacted] [redacted] выступе *7* угломерная шкала.

Хвостовик вставки *12* диаметром $D_1$ вставляют [redacted] отверстие стола *11* [redacted] закрепляют болтом *5*. Пальцами правой руки захватывают рукоятку *19* головки и, оттягивая [redacted] на себя, выводят зубья головки из зацепления с зубьями бобышки *21*; поворачивают рукоятку вправо и по нониусу *10* устанавливают заданный угол θ [redacted] закрепляют основание стола болтом *8*. Затем поворачивают шпиндельную головку *15* и по ее нониусу и шкале *17* устанавливают угол α и закрепляют головку болтами. После этого в шпинделе *14* закрепляют фрезу *13*, пальцами правой руки захватывают маховичок *16* и опускают фрезу *13* на высоту $h_1$ (рис. 160, *а*).

Убедившись, что поворотный стол со вставкой установлены и надежно закреплены на столе *1* станка, включают станок и приступают к обработке вставки *12*. Вращая маховички продольного и поперечного перемещений стола *1*, подводят фрезу *13* к вставке *12* и фрезеруют вначале одну впадину радиусом *R*, после чего правой рукой, вращая маховичок *20*, поворачивают стол *11* по нониусу *18* на угол θ и фрезе-



**Рис. 160.**
**Фрезерование [redacted] радиусных шлицев [redacted] матрицы пресс-формы [redacted] поворотном столе:**
*а* — деталь; [redacted] — прием фрезерования

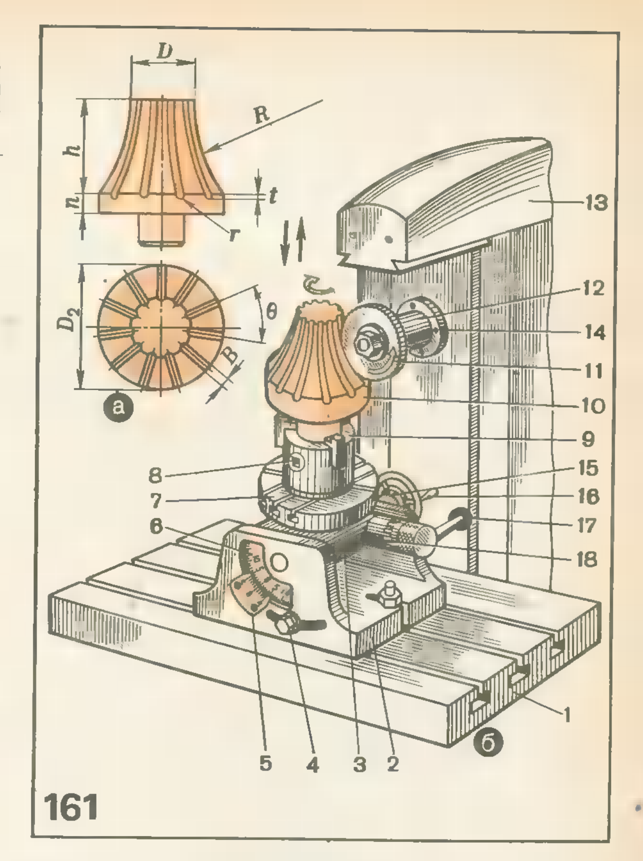



**Рис. 161.**
**Фрезерование радиусных [redacted] вогнутого профиля:**
[redacted] — деталь; *б* — прием фрезеро[redacted]

руют вторую впадину и т. д. При этом периодически проверяют профиль вставки, выдерживая размер $h_1$, угол θ, радиус [redacted] [redacted] диаметр $D_2$ (см. рис. 160, *а*).

Фрезерование радиусных пазов на вогнутых поверхностях вставки матрицы является сложной операцией и требует большого опыта от фрезеровщика. Фрезерование производят дисковой фрезой на горизонтально-фрезерном станке (рис. 161, *б*) с использованием специального универсального приспособления *2*, установленного [redacted] столе *1* станка.

Прежде чем приступить [redacted] обработке вставки *10*, необходимо подобрать дисковую радиусную фрезу [redacted] разнонаправленными зубьями, заточенными [redacted] радиусу *r* и ширине *B*. Хобот *13* отводят [redacted] вставляют [redacted] шпиндель *14* оправку *12* с дисковой фрезой *11* и закрепляют гайкой. Хвостовик трехкулачкового патрона *9* вставляют [redacted] контрольное отверстие поворотного стола *7* и закрепляют его снизу упорной шайбой [redacted] болтом. После этого технологический хвостовик вставки *10* устанавливают [redacted] трехкулачковый патрон *9* [redacted] закрепляют зубчатым валом *8*. Убедившись, что поворотный стол [redacted] деталью [redacted] фреза установлены точно и закреплены, включают станок [redacted] с помощью маховичков продольного и поперечного перемещений [redacted] вертикальной подачи стола *1* подводят

½ 7 — 911

вставку 10 к фрезе 11. Затем правой рукой захватывают рукоятку 17 и, оттягивая [redacted] на себя, выводят шлицы головки [redacted] шлицев бобышки 18; устанавливают нулевую риску нониуса 5 с нулевой риской шкалы 6 стола 7 и закрепляют болтом. Правой рукой вращают штурвал и поднимают [redacted] опускают стол 1 [redacted] деталью. Нажимают на рукоятку 17 [redacted] вводят шлицы головки 3 в шлицы бобышки 18 [redacted] закрепляют стол 7 от проворота. После этого приступают к фрезерованию пазов на встав[redacted] 10 (рис. 161, *а*).

Фрезерование радиусных пазов на вогнутом профиле вставки 10 производят [redacted] такой последовательности. Сначала фрезеруют на глубину $t$ первый [redacted] шириной $B$ по всей его вогнутой радиусной [redacted] поверхности (см. рис. 161, *а*). Затем фрезу отводят, поворачивают [redacted] помощью маховичка 16 [redacted] нониуса 15 стол 8 с деталью на угол $\theta$ [redacted] фрезеруют следующий паз, строго выдерживая глубину и ширину всех пазов.

Помимо описанных операций изготовления деталей штампов и пресс-форм поворотные устройства широко используют при изготовлении режущего инструмента.

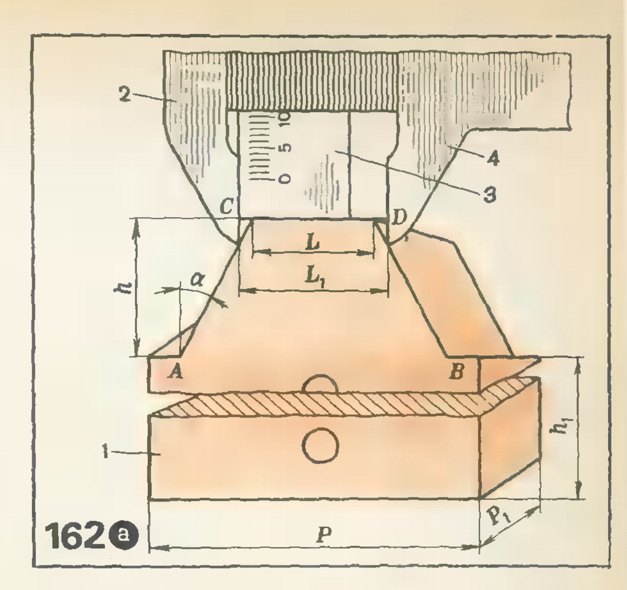
Получение профиля модульных резцов является сложной операцией. Профиль имеет вогнуто-выпуклые дуги, сопряженные с наклонными поверхностями, которые воспроизвести на фрезерном станке без специальных приспособлений трудно. Поэтому рекомендуется производить фрезерование резцов на специальном круглом поворотном приспособлении с синусным столиком.

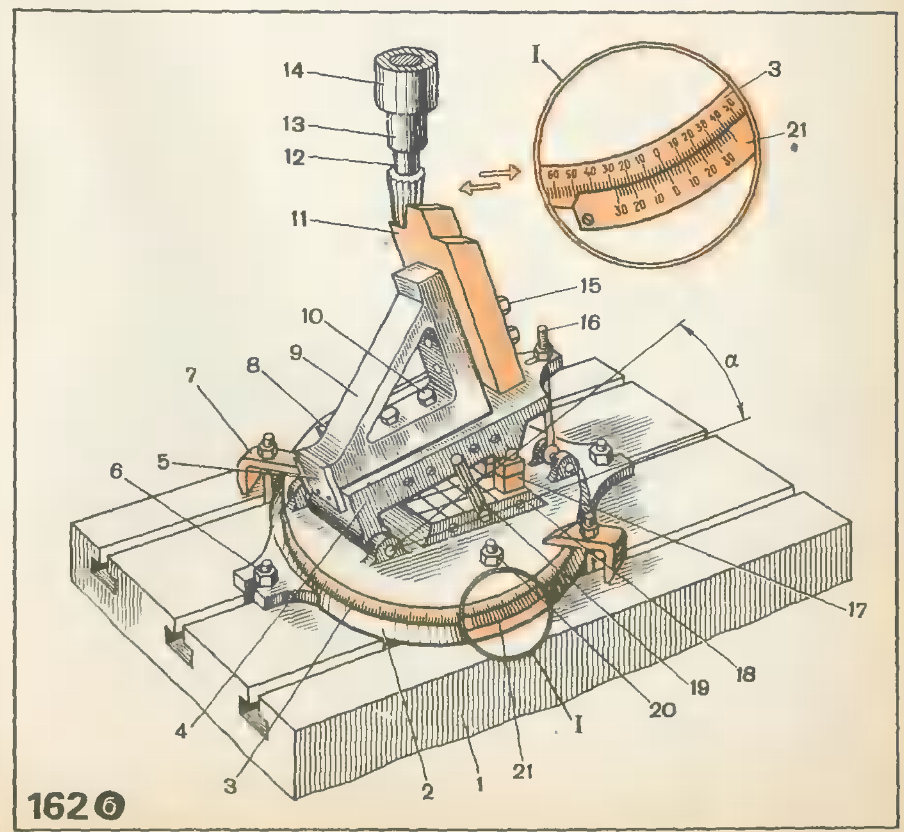
На рис. 162, [redacted] показан способ измерения профиля резца при помощи штангензубомера. Для определения размера $L$ выбирают расчетные размеры $L_1$ и высоту $h_1$, затем пальцами правой руки захватывают штангу штангензубомера [redacted] подводят губку 4 к губке 2 на размер $L_1$, после чего по шкале линейки 3 устанавливают высоту $h_1$. Затем пальцами левой руки захватывают резец 1 [redacted] прикладывают его профиль к губкам 2 и 4. Если вертикальная линейка 3 при измерении ляжет плотно [redacted] плоскость $CD$, то размер $L$ выполнен правильно. Если между плоскостью угла [redacted] и плоскостью $CD$ вертикальной линейки имеется просвет, то размер $L$ больше заданного и необходимо еще снять металл с поверхности $CD$. Если же вертикальная линейка, установленная на высоту $h_1$, ложится на плоскость $CD$, а губки 2 и 4 [redacted] упираются в наклонные поверхности, то размер $L$ выполнен меньше заданного по чертежу.

Для определения разницы между чертежным размером $L$ и размером, полученным [redacted] результате чистового фрезерования, губки 2 и 4 штангензубомера сдвигают настолько, чтобы они коснулись боковых сторон резца, тогда вертикальная линейка 3 будет плотно прилегать к верхней плоскости $CD$. Разница между расчетным размером $L_1$ и размером, полученным [redacted] результате сдвигания губок 2 и 4, и есть отклонение от размера $L$. Последними окончательно фрезеруют наклонные плоскости $AC$ [redacted] $DB$ [redacted] зависимости от наличия припуска на заготовке резца. Измерение размера $L$ заменяют, [redacted] [redacted] в предыдущем случае, измерением $L_1$, находящегося на произвольном расстоянии $h$ от базовой наклонной плоскости угла $\alpha$ и полученного [redacted] результате пересчета. Как видно [redacted] построения $L_1 = L + h$, то $L_1 = h\,\mathrm{ctg}\,\alpha$.



**Рис. 162.**
**Обработка [redacted] спе[redacted] круглом поворот[redacted]**
[redacted] — способ измерения; *б* — прием фрезерования модульных резцов




½7*

Следовательно,

$$L_1 = L + h\operatorname{ctg}\alpha.$$

На рис. 162, *б* показан прием чистового фрезерования резца на специальном круглом поворотном столе с синусным столиком.

Прежде чем приступить к обработке резца, необходимо установить основание *2* круглого поворотного стола на стол *1* вертикально-фрезерного станка и закрепить его с двух сторон болтами *6*. Поворотный стол *3* слегка поворачивают и по угломерной шкале и нониусу *21* устанавливают заданный угол согласно рабочему чертежу. Затем поворотный стол *3* закрепляют на основании *2* болтами *20* и прижимами *7* к столу *1* станка. Подсчитав высоту блока плиток *17* для угла α, укладывают их на столик *18*, после чего синусный столик *4* опускают, устанавливают его ролик на два блока плиток *17* и закрепляют планками *19* с двух сторон и болтом *16*. Убедившись, что поворотный стол *3* и синусный столик *4* надежно закреплены на столе станка, к упорным угольникам *5* и *8* синусного столика прижимают угольник *9* и закрепляют болтами *10*. Затем к передней плоскости угольника *9* прикладывают заготовку резца *11* и с помощью болтов *15* закрепляют ее.

В шпиндель *13* вертикальной головки *14* вставляют концевую угловую фрезу *12*, соответствующую углу профиля резца. Затем с помощью маховичков продольного и поперечного перемещений стола *1* и вертикальной подачи шпиндельной головки *14* подводят заготовку резца *11* к фрезе *12* и фрезеруют вначале боковые стороны резца под определенный угол и вершину резца в размер *L*; при этом периодически проверяют профиль резца с помощью штангензубомера (см. рис. 162, *а*).

## § 8. Копировально-фрезерные работы

Для изготовления объемных изделий с плавными переходами используются копировально-фрезерные станки. Они имеют задающее устройство (копир, шаблон, эталонная деталь, чертеж, модель и др.), связанное через копировальное устройство (щуп, копировальный палец, копировальный ролик, фотоэлемент) с исполнительным органом, который повторяет движение копировального устройства для воспроизведения режущим инструментом заданной формы изделия.

Существуют две схемы работы копировально-фрезерных станков: без следящей системы и со следящей системой. В первой системе согласование взаимного положения щупа (копировального пальца) осуществляется с помощью жесткой связи между задающим и исполнительными устройствами. Вторая система имеет следящий механизм в системе исполнения команд. В задающем устройстве образуются управляющие сигналы, которые подаются в следящий механизм. Последний сравнивает заданную программу с выполненной и при их расхождении подает сигнал исполнительному устройству для корректирования траектории режущего инструмента.

Кроме копировально-фрезерных станков для таких работ используют усовершенствованный настольный малогабаритный копировально-фрезерный станок (рис. 163). Он предназначен в основном для чистового фрезерования мелких внутренних контуров матриц штампов и пресс-форм, а также деталей небольших размеров. Малые габаритные размеры и небольшая его масса дают возможность (при необходимости) транспортировать его с одного рабочего места на другое.

Основание *2* станка закреплено болтами на чугунной плите *1*. Сзади основания *2* установлена и закреплена болтами стойка *21*. На стойке смонтирован электродвигатель *17*, на валу которого закреплен трехступенчатый шкив *16*, соединенный со шкивом *13* шпинделя *20* с помощью клиновых ремней *14*; трехступенчатая клиноременная передача дает возможность получать три скорости в пределах $n = 1000 \div 5000$ об/мин и вращать шпиндель *20* с цангой *10* и фрезой *9* диаметром от 1 до 10 мм.

Шпиндель головки *12* имеет прецизионные подшипники, обеспечивающие повышенную точность обработки. В нижней части головки *12* имеется прорезь и винт *19*, с помощью которых устраняют биение шпинделя. В процессе работы шпиндель легко перемещается вверх и вниз с помощью рукоятки *18* с валиком, на котором имеется барабан *11* с вмонтированной пластинчатой пружиной для плавного перемещения шпинделя в процессе фрезерования и возвращения рукоятки *18* в исходное положение.

На основании *2* в поперечном и продольном направлениях с помощью маховичков *32* и *40* перемещаются суппорты *3*, *6* и столик *7*. На правой стороне направляющей суппорта *3* и на передней части столика *7* закреплены винтами каленые зубчатые линейки *4* и *36* с прошлифованными зубьями (шаг 1 мм). Линейки соединены с зубчатыми колесами *35* и *39*, установленными на осях маховичков *32* и *40*. Для получения точных отсчетов в процессе фрезерования детали без копира необходимо размеры устанавливать с помощью микрометрических шкал *34* и *38* и нониусов *33*.

Крепление суппортов *3* и *6* и столика *7* на заданный размер в процессе фрезерования осуществляется винтами *8*, *26* и *37*. Прежде чем приступить к обработке внутреннего контура матрицы методом копирования, необходимо положить заготовку матрицы *22* на столик *7* приспособления, продвинуть до упорной планки *23* и закрепить матрицу с двух сторон прижимами *24*. В отверстие кронштейна *25* вставляют копирный палец *27*, диаметр которого равен диаметру фрезы *9*. После этого копирный палец вставляют во внутренний контур шаблона *28* и, освободив слегка винты *8*, *26* и *37* от зажима суппорта *3* столика *7*, закрепляют винтами *31* основание *29*, под шаблон *28* укладывают четыре одинаковые по высоте плитки *30* и слегка закрепляют винтами шаблон.

Затем левой рукой придерживая столик, а правой вращая маховичок *15*, поднимают головку *12* и устанавливают торец фрезы на заданную глубину фрезерования, после чего головку закрепляют рукояткой. Убедившись, что контур шаблона совпадает с обрабатываемым контуром заготовки, шаблон окончательно закрепляют винтами и приступают к чистовой обработке. В этих случаях не пользуются нониусами и шкалами маховичков продольного и поперечного перемещений столика и суппорта. Правой рукой захватывают рукоятку *18* и по ее нониусу

слегка опускают вниз фрезу, [redacted] левой рукой, перемещая столик [redacted] суппорт, осуществляют фрезерование по заданному контуру матрицы.

Гравировальные копировально-фрезерные станки с пантографом для копирования по двум координатам (6Т463 и 6Л463) [redacted] для объемного копирования (641) предназначены для выполнения мелких фрезерных работ (фрезерования шаблонов, лекал, неглубоких орнаментов в пресс-формах, фрезерования резины, пластмассы [redacted] т. п.) и гравирования цифр, надписей и рисунков.



**Рис. 163.**
**Настольный копаровально-фрезерный [redacted] для обработки внутреннего контура матрицы**

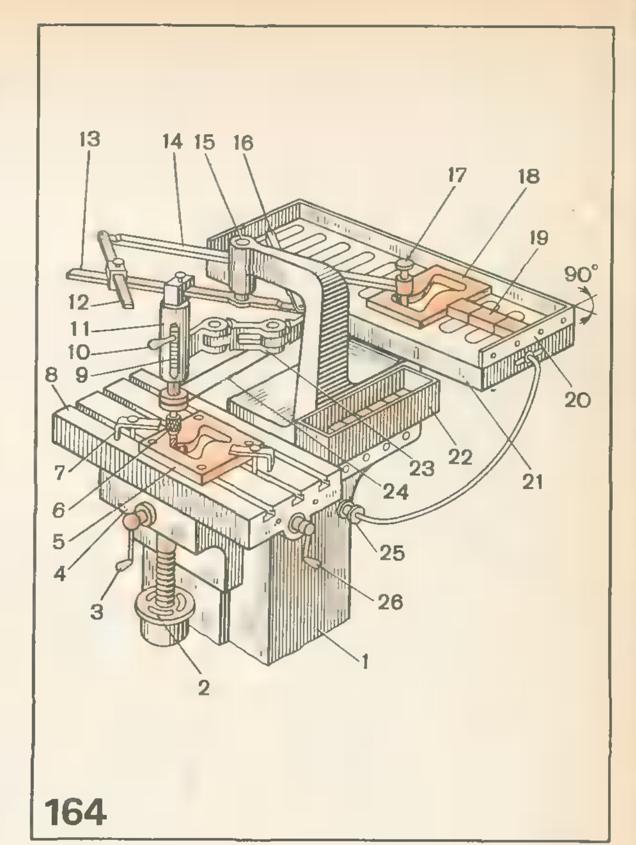



**Рис. 164.**
**Гравироаальный [redacted] с пантографом для фрезерова-[redacted] аиутреннего профиля матрицы**

На рис. 164 показан гравировальный станок с пантографом, на котором вместо копировального столика установлена электромагнитная плита *21*, обработанная со всех сторон под углом 90°. Каждая сторона этой плиты является базой для установки контрольных планок *20*. От планок с помощью концевых мер *19* на плиту точно устанавливают шаблон-копир *18*. Пантограф снабжен рычажной системой, состоящей из четырех масштабных планок *12, 13, 14* [redacted] *16* (рычагов), свободно поворачивающихся на оси *15*, вмонтированной [redacted] кронштейне станины *1*. По планке *13* перемещается рамка с головкой шпинделя *11*, на котором закреплен трехступенчатый шкив. Корпус головки шпинделя *11* связан с тремя поворотными звеньями *23* (крайнее звено закреплено на кронштейне станка). Ременная передача *24* соединяет трехступенчатый шкив шпинделя с электродвигателем, расположенным под магнитной плитой *21*. Во внутренней части корпуса головки шпинделя *11* с помощью рукоятки *10* перемещается шпиндель со спиральной пружиной *9*, которая в процессе фрезерования или гравирования прижимает патрон *6* с фрезой к обрабатываемой детали *5*, закрепленной прижимами *7* на столе *8* станка. С правой стороны станины *1* станка закреплен ящик *22*

для хранения заготовок деталей, а ниже его имеется розетка, в которую вставляют вилку *25* магнитного стола.

Масштаб копирования может быть изменен регулированием положения планок *12*, *13*, *14* и *16*. На конце планки *14* закреплен копирный палец *17*. В процессе работы копирный палец *17* перемещают по внутреннему контуру шаблон-копира *18*, в результате чего фреза описывает в соответствующем масштабе необходимый контур обрабатываемой поверхности.

Перед тем, как приступить к работе на гравировальном станке, необходимо с помощью маховичка *2* поднять или опустить ползун *4* со столом *8* и жестко их закрепить, затем, вращая (от руки) рукоятки *3* и *26* поперечного и продольного перемещений стола *8*, подводят заготовку матрицы *5* к фрезе и обрабатывают внутренний контур матрицы.

В процессе гравирования необходимо соблюдать основное условие правильной эксплуатации: ось вращения пантографа, ось копировального пальца *17* и ось инструмента должны лежать в одной плоскости. Пантограф имеет большое число шарниров и рычагов, поэтому необходимо, чтобы при гравировании или фрезеровании профиля детали сила, действующая на копир от пальца, была небольшой.

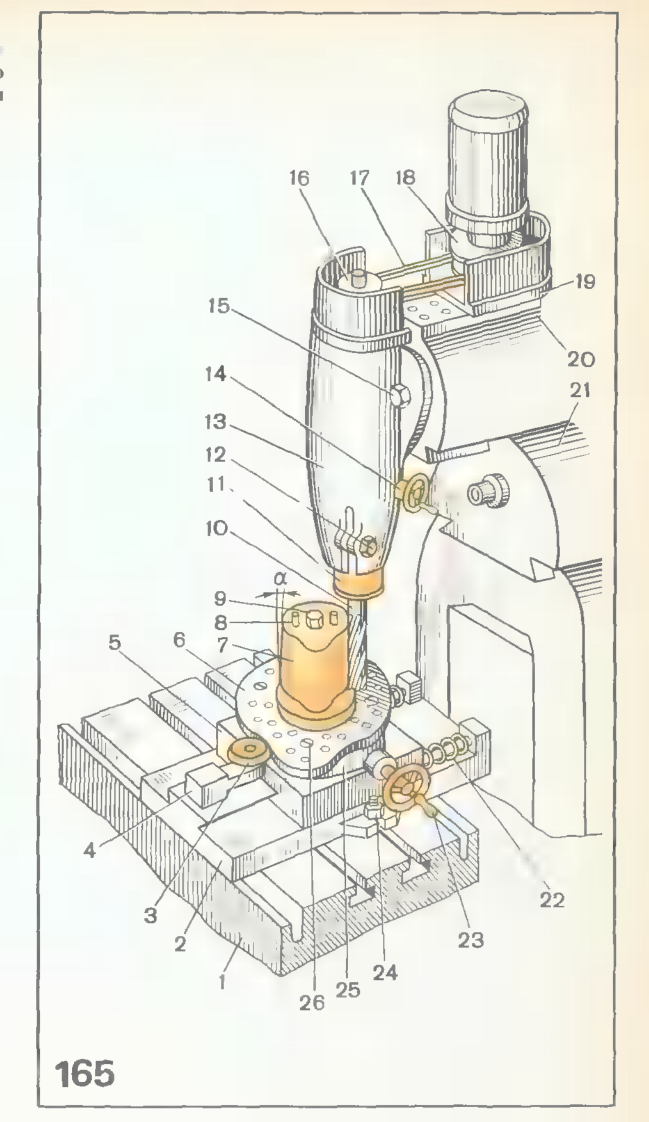
Одним из производительных способов обработки сложных сопряженных профилей деталей инструментального производства является фрезерование по шаблон-копиру с помощью специального копировального приспособления с поворотным столом, установленным на универсальном фрезерном станке со сменной быстроходной фрезерной головкой (рис. 165).

Перед началом фрезерования приспособление тщательно устанавливают на стол *1* станка и закрепляют его плиту *2* с двух сторон болтами *24*. Затем на поворотный стол *25* укладывают шаблон-копир *6* и закрепляют его винтами *26*. В копир и стол запрессовывают два контрольных штифта *8*, устанавливают на них заготовку пуансона *7* и закрепляют ее болтом *9*. После этого к торцу хобота *20* прикрепляют болтами *15* корпус *13* быстроходной головки, а плиту *19*, на которой смонтирован электродвигатель со шкивом *18*, устанавливают и закрепляют в таком положении, чтобы клиновой ремень *17*, надетый на трехступенчатые шкивы *16* и *18*, был крепко натянут. Затем в шпиндель *11* головки вставляют концевую фрезу *10* и слегка закрепляют винтом *12* цилиндр головки (во избежание биения шпинделя). Убедившись, что приспособление *2* и головка *13* надежно закреплены, а ролик *3*, установленный на оси планки *4*, легко вращается, приступают к обработке заготовки пуансона *7*. Вначале правой рукой вращают маховичок ползуна *21* и перемещают по нему хобот *20* в такое положение, чтобы фреза *10* лишь коснулась заготовки пуансона, затем хобот закрепляют болтами на ползуне станка. С помощью маховичков продольного и поперечного перемещений стола *1* и маховичка *14* вертикальной подачи шпинделя головки слегка опускают фрезу *10* на заготовку пуансона *7* и врезаются в нее, а правой рукой, вращая маховичок *23*, поворачивают стол с копиром и заготовкой пуансона. В это время ролик *3*, вращаясь, перемещается по поверхности шаблон-копира и, в свою очередь, перемещает салазки *5* по направляющим плиты *2* приспособления, сжимая спираль-



**Рис. 165.**

**Прием фрезерования [illegible] профиля пуансона по копиру на универсальном приспособлении**




ные пружины *22*, которые, разжимаясь, давят на салазки *5*, обеспечивая плавное фрезерование контура пуансона *7*. В процессе обработки пуансона рекомендуется периодически проверять его контур микрометром и следить за тем, чтобы выдерживался угол $\alpha$.

В отличие от приспособления, показанного на рис. 165, у которого спиральные пружины, разжимаясь, давят на торец салазок и на копир, а фреза подводится к обрабатываемой детали, на рис. 166, а показано приспособление, у которого, наоборот, спиральные пружины *5*, разжи-

маясь, упираются в планку *6* и перемещают ползун *4*, а вместе с ним плиту *8* с роликом-держателем, стойкой *9* и заготовкой пуансона *15*.

Прежде чем приступить к обработке заготовки пуансона *15*, нужно закрепить болтами *25* на станине *26* угольник *22*. Затем положить на него шаблон-копир *20* и закрепить его болтами *21* в таком положении, чтобы его профиль был точно установлен по отношению к продольному перемещению стола *1* горизонтально-фрезерного станка. Затем на стол *1* станка устанавливают приспособление и закрепляют его нижнюю плиту *2* болтами *7*. Затем закрепляют прижимные планки *3* так, чтобы не было люфта у ползуна *4*. Убедившись, что приспособление и шаблон-копир *20* (рис. 166, *б*) установлены на станке правильно, на столик *19* устанавливают заготовку пуансона *15* и закрепляют ее прижимами *14*. После этого устанавливают головку *17* (описание установки дано выше) и концевую фрезу *16* и приступают к фрезерованию. Вначале с помощью маховичков продольного и поперечного перемещений и вертикальной подачи стола *1* станка подводят ролик *23* к шаблон-копиру *20*, вращают маховичок *24* с зубчатым колесом *12* и по зубчатой рейке *13* поднимают столик *19* с заготовкой матрицы *15*. По шкале масштабной линейки *11* стойки *9* и нониусу *10* рейки *13* определяют фактический размер. После этого правой рукой слегка вращают маховичок *18* вертикальной подачи головки *17* и очень осторожно подводят фрезу *16* к заготовке матрицы *15*, а левой рукой, вращая маховичок продольного перемещения стола *1*, фрезеруют вначале одну сторону пуансона, затем переворачивают пуансон и закрепляют его прижимами в таком положении, чтобы обработанная поверхность профиля пуансона прилегала к плоскости стойки приспособления или к плиткам концевых мер, и лишь после этого фрезеруют вторую сторону профиля пуансона; при этом все время с помощью выработок (шаблонов) и микрометра проверяют размеры профиля $L_1$, $L_2$, радиуса $R$ и $R_1$, углы $\alpha$ и $\alpha_1$.

Принцип работы другого универсального приспособления основан на совмещении вращательного движения обрабатываемой заготовки кулачков шпинделя с возвратно-поступательными движениями ползуна с роликом. Прежде чем приступить к обработке заготовки кулачка (рис. 167, *а*), необходимо установить на стол *1* широкоуниверсального фрезерного станка типа 676 (рис. 167, *б*), стойки *8* и *11* с направляющей штангой *10* передвижной головки и закрепить их болтами. Установить и закрепить заднюю бабку *29*, после чего в трехкулачковом патроне *15* закрепить оправку *26*, на шпонку которой надевают заготовки кулачков *32*, упорную шайбу *31* и заготовку копира *25* и закрепляют упорной гайкой. После этого в центровое отверстие оправки *26* с помощью маховичка *28* пиноли вводят центр *27* задней бабки *29* и закрепляют его рукояткой *30*. Левой рукой захватывают маховичок *13* и, вращая его на себя, поворачивают шпиндель *12* с копиром *14*, патроном *15*, оправкой *26*, заготовками кулачка и копира *25* в такое положение, чтобы контрольная риска на самой выдающейся части контура копира *14* совпала с осью вращения ролика *2* и ползуна *3*, установленного в стакане *6* стойки *8* приспособления. После этого рукой слегка завинчивают резьбовой наконечник *9* в стакан *6*, сжимая спиральную пружину *7*, которая, в свою очередь, давит на торец ползуна *3* с роликом *2* и при-



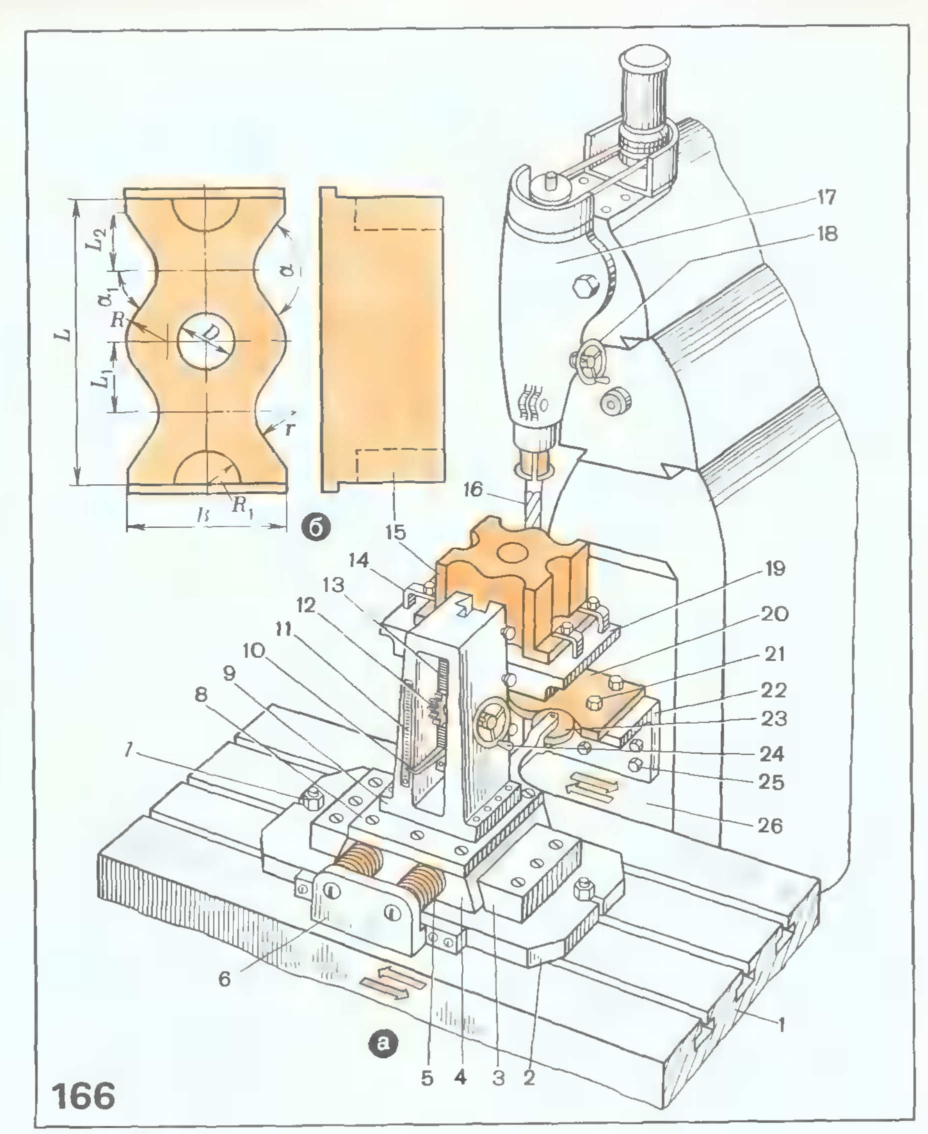



**Рис. 166.**
**Обработка профиля пуансона по шаблон-копиру на универсальном приспособлении:**
*а* — приспособление и приемы фрезерования, *б* — деталь

жимает последний к поверхности копира *14*. Закончив установку приспособления с заготовками кулачков, приступают к установке быстроходной головки *19* и специальной концевой фрезы *16* с радиусными режущими кромками. Затем на правой стороне станины станка закреп-

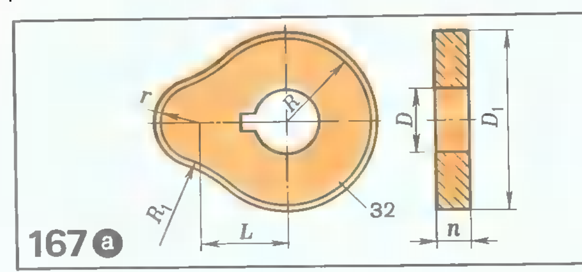
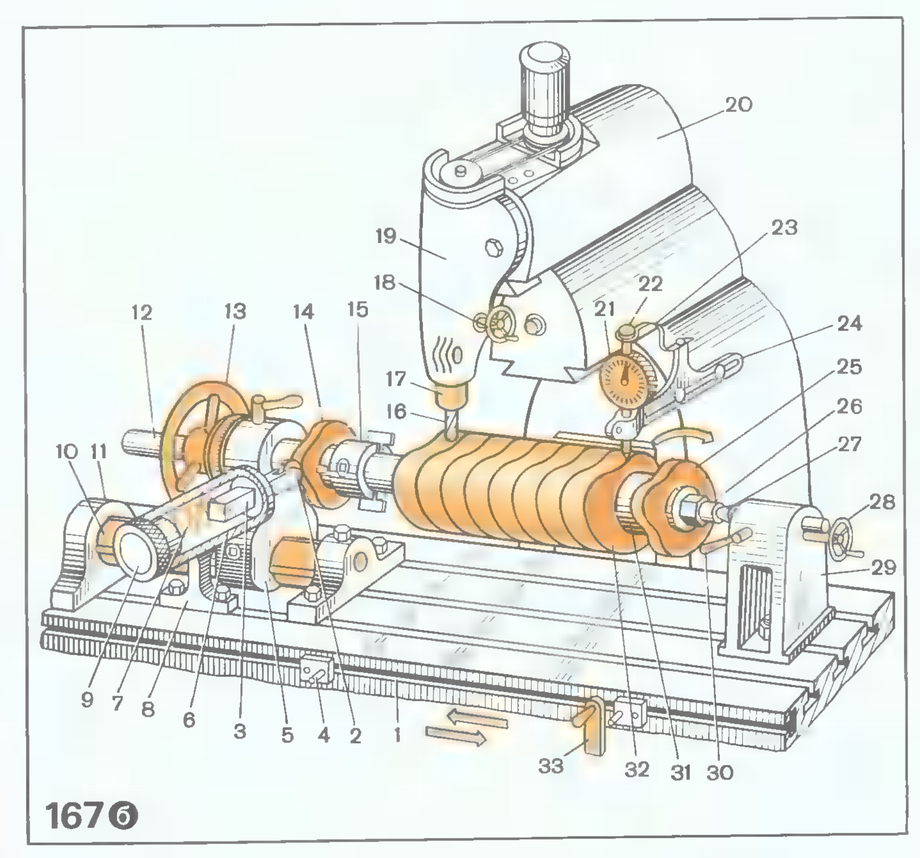



**Рис. 167.**
**Обработка контура заготовки кулачка на универсальном приспособлении с индикаторным устройством:**
а — заготовка, б — приемы фрезерования




ляют винтами передвижную державку *24*, на которой закреплен индикатор *21* с кнопочным наконечником *22* и пластинчатой пружиной *23*. Убедившись, что быстроходная головка и индикаторное устройство правильно и надежно закреплены на столе, приступают к обработке заготовок кулачков. Вначале с помощью маховичка ползуна выдвигают хобот *20* с быстроходной головкой *19* и устанавливают фрезу *16* по оси заготовок кулачков *32*, а державку *24* выдвигают и устанавливают в такое положение, чтобы наконечник индикатора был установлен на верхней точке оси копира *25*. Ползун и державку закрепляют болтами и



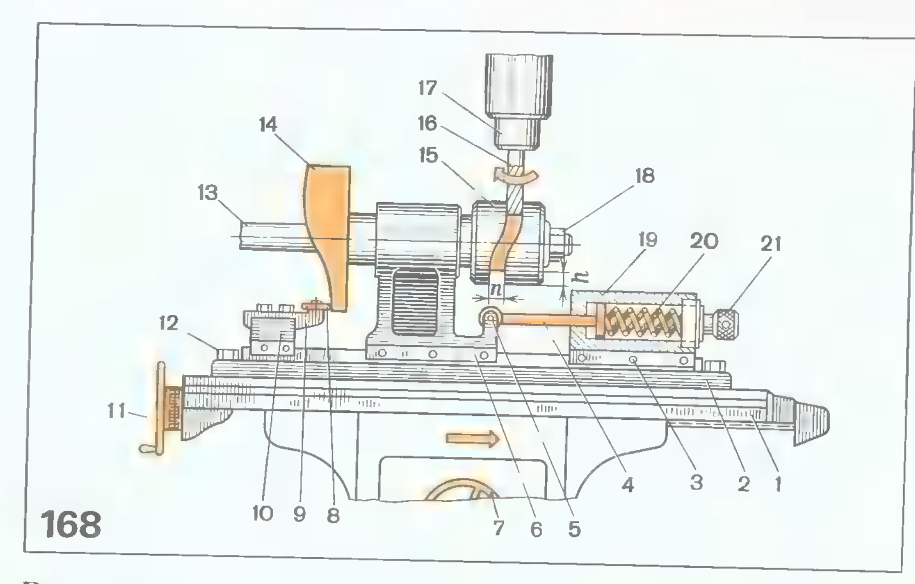



**Рис. 168.**
**Прием фрезерования на универсальном приспособлении спиральнообразной** [illegible]

винтами. Затем стрелку индикатора устанавливают в нулевое положение, а два упора *4* раздвигают по пазу стола *1* и закрепляют их в таком положении, чтобы при автоматическом перемещении стола рычаг *33* продольной подачи стола, упираясь в упоры *4*, ограничивал выход фрезы *16* из зоны обрабатываемой заготовки.

Перед тем, как приступить к обработке заготовок кулачков *32*, еще раз проверяют установку упоров *4* автоматического продольного перемещения стола *1*. Включают станок и, правой рукой захватывая маховичок *18* вертикальной подачи шпинделя *17* быстроходной головки *19*, а левой — маховичок поперечного перемещения стола *1* и одновременно вращая их, подводят фрезу *16* к заготовкам кулачков *32* и фрезеруют (строчкой) их контур, следя за показаниями стрелки индикатора *21*. При нажиме пальцем на кнопку *22* наконечника периодически проверяют размеры обрабатываемого копира *25*; при этом достаточно лишь снять палец с кнопки, как пластинчатая пружина *23*, разжимаясь, устанавливает стрелку индикатора в первоначальное положение.

На рис. 168 приведены приемы фрезерования концевой фрезой *16* замкнутой спиралеобразной канавки с переменным шагом на цилиндрической поверхности. Прежде чем приступить к обработке канавки на детали *15*, необходимо тщательно установить на стол *1* плиту *2* приспособления и закрепить ее болтами *12*. Затем на шпиндель *13* необходимо установить копир *14* и жестко закрепить его. Шпиндель *13* соединяют с приводом подачи (на рисунке не показан) стола *1*, который в процессе работы создает равномерное вращательное движение обрабатываемой детали *15*, закрепленной гайкой *18* на конце шпинделя. Стойка *6* переме-

щается по направляющим плиты *2*, перемещение создается профилем копира *14*, в который упирается ролик *8*, установленный на оси ползуна *9* и закрепленный болтами на стойке *10*.

Постоянный контакт ролика *8* [redacted] копира *14* обеспечивается спиральной пружиной *20*, вставленной [redacted] поршень *19*, которая, разжимаясь, давит на торец штока *4*, соединенного осью *5* со стойкой *6*. Корпус поршня *19* жестко закреплен винтами *3* на плите *2* приспособления. [redacted] процессе работы спиральная пружина *20* периодически регулируется вручную (сжатие или разжатие) винтом *21*. Для обеспечения нужного размера [redacted] винтовой канавки детали *15* концевую фрезу *16* изготовляют по диаметру [redacted] минус 0,05—0,1 мм. Она должна быть жестко закреплена в шпинделе *17* головки вертикально-фрезерного станка. Установка концевой фрезы и обеспечение обработки на глубину $h$ канавки детали осуществляются вращением маховичков *7* и *11* поперечного и продольного перемещений стола.

Кулачки, применяющиеся на токарных автоматах, [redacted] специальных приспособлениях и различных машинах, имеют плоскую (дисковую) форму, профиль которых часто очерчен по спирали Архимеда. На рис. 169, [redacted] изображен кулачок *2*, рабочий профиль которого представляет собой виток спирали с шагом $H$.

На рис. 169, *б* показаны приемы фрезерования кулачка *2* в делительной головке *1* [redacted] вертикально-фрезерном станке. Установив делительную головку на стол *8* станка, [redacted] шпиндель *4* вертикальной головки вставляют концевую фрезу *5*. Затем в шпиндель поворотной части делительной головки *1* устанавливают оправку *3* с заготовкой кулачка *2* и закрепляют. Подбирают комплект зубчатых колес гитары $z_1$, $z_2$, $z_3$ и $z_4$ и, вращая рукоятку *7* по делительному диску *6*, подбирают необходимое число отверстий; приступают к фрезерованию профиля кулачка *2*. [redacted] большинстве случаев фрезерование спиралей производят концевыми фрезами на горизонтально-фрезерных станках. Обрабатываемый кулачок *2* центрируют и закрепляют в оправке *3*, установленной в шпинделе делительной головки *1*. При фрезеровании кулачков ось шпиндельной фрезерной головки *4* и ось делительной головки всегда расположены параллельно.

При малом значении шага спирали $H$ ведущие сменные зубчатые колеса получаются настолько большими, что передача вращательного движения винта шпинделю делительной головки становится невозможной, поэтому кулачки с такими спиралями обрабатывают при наклонно установленной поворотной части делительной головки.

Так, например, кулачок на рис. 170, [redacted] имеет участки профиля с неполными спиралями. Расстояния $h_1$ и $h_2$ называют подъемом спирали на участках, соответствующих центральным углам $\varphi_1$ и $\varphi_2$. Если известен подъем спирали $h$ [redacted] соответствующий ему центральный угол $\varphi$, то шаг спирали $H$ можно определить по формуле

$$H = \frac{360}{\varphi} h.$$

Обычно центральный угол, охватывающий спиральный участок, обозначают не в градусах, [redacted] сотых долях полной окружности, т. е. при



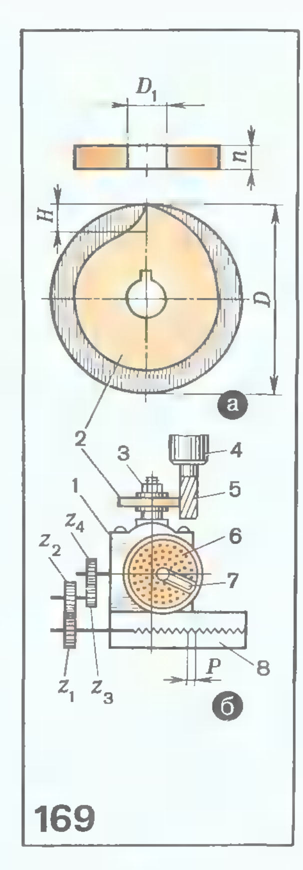



**Рис. 169.**
**Обработка профиля кулачка при вертикальном положении шпинделя делительной головки:**
*а* — кулачок; *б* — приемы фрезерования

**Рис. 170.**
**Обработка профиля кулачка при наклонном положении делительной [redacted]**
[redacted] кулачок; *б* — приемы фрезерования

построении профиля кулачка (рис. 170, *а*) из его центра проводят не 360 лучей (360°), а 100 лучей. Тогда формула, приведенная выше, примет вид

$$H = \frac{100}{n} h,$$

где $n$ — число лучей (сотых долей окружности), занимаемых спиралью Архимеда; $h$ — подъем спирали на участке, содержащем соответствующее число лучей или сотых долей окружности.

Следует добавить, что передаточное отношение $i$ сменных зубчатых колес, соединяющих винт продольной подачи стола с валиком привода делительной головки при наклонном положении шпинделя, находят по формуле

$$i = \frac{4 \sin\mu}{H}.$$

где $A$ — характеристика станка; $H$ — шаг спирали, отнесенный к полной окружности, мм; $\mu$ — угол наклона шпинделя делительной головки к направлению продольной подачи стола, град.

Настройку станка для обработки плоских кулачков, выполненных по спирали Архимеда, производят следующим образом: (рис. 170, *б*) вначале устанавливают на стол станка *9* делительную головку *1* и закрепляют ее болтами. После этого поворачивают на угол $\mu$ шпиндель *5* головки *4* и устанавливают в нем концевую фрезу *6* (рис. 170, *б*). Затем заготовку кулачка *2* закрепляют на оправке *3* и поворачивают ее также на угол $\mu$.

Значение угла $\mu$ определяют по формуле

$$\sin\mu = \frac{H}{H_к},$$

где $H$ — шаг спирали данного кулачка, отнесенный к полной окружности; $H_к$ — шаг, по которому осуществлен выбор сменных зубчатых колес.

Убедившись, что заготовка копира *2* и фреза установлены правильно, подбирают набор зубчатых колес $z_1$, $z_2$, $z_3$ и $z_4$. Затем с помощью рукоятки *8* устанавливают заданное количество отверстий на диске *7* делительной головки *1* и приступают к фрезерованию профиля кулачка *2*.

Фрезерование кулачка с несколькими спиралями можно осуществлять, не меняя сменные зубчатые колеса гитары делительной головки, а только, изменяя угол наклона $\mu$ шпиндельной головки и фрезы при переходе от одного участка кулачка к другому.

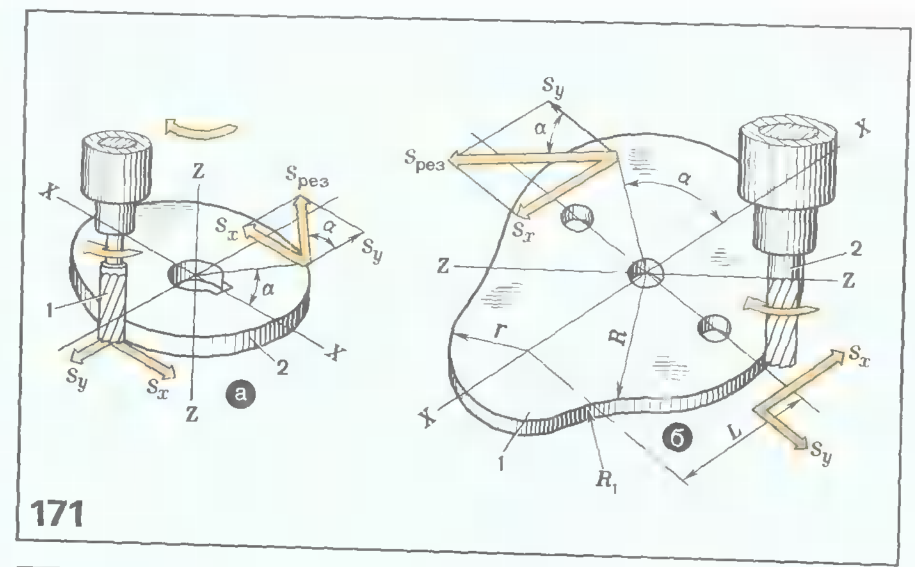
К сложным технологическим операциям относится обработка деталей, которые имеют вогнуто-выпуклые контуры. При контурном фрезеровании фрезе *1* или обрабатываемой заготовке копира *2* необходимо сообщить одновременно движение в двух направлениях: $X$ и $Y$ (продольном и поперечном), по заданной кривой копира (рис. 171, *а*).

Для обеспечения точного обвода контура кулачка *1* результирующее перемещение $s_{рез}$ щупа режущего инструмента *2*, так называемая подача копирования, всегда должно быть направлено по касательной к контуру в данной точке. Составляющие результирующего перемещения: задающая (продольная) подача $s_x$ и следящая (поперечная) подача $s_y$ должны быть соответственно пропорциональны синусу и косинусу угла наклона касательной к кривой в данной точке, т. е.

$$s_x = s_{рез}\sin\alpha;\quad s_y = s_{рез}\cos\alpha.$$

Выполнение этого условия обеспечивается специальным устройством. Пространственно-сложные фасонные поверхности обрабатывают при наличии дополнительного перемещения инструмента с подачей, называемой строчечной, $s_z$. В этих случаях профиль детали *1* обрабатывают последовательно отдельными рабочими ходами концевой фрезой *2* с шаровой головкой (рис. 172). Во время каждого такого строчечного прохода фреза *2* перемещается вдоль профиля обрабатываемой детали *1* в заданном сечении в направлении оси $X$ (задающая подача $s_x$).





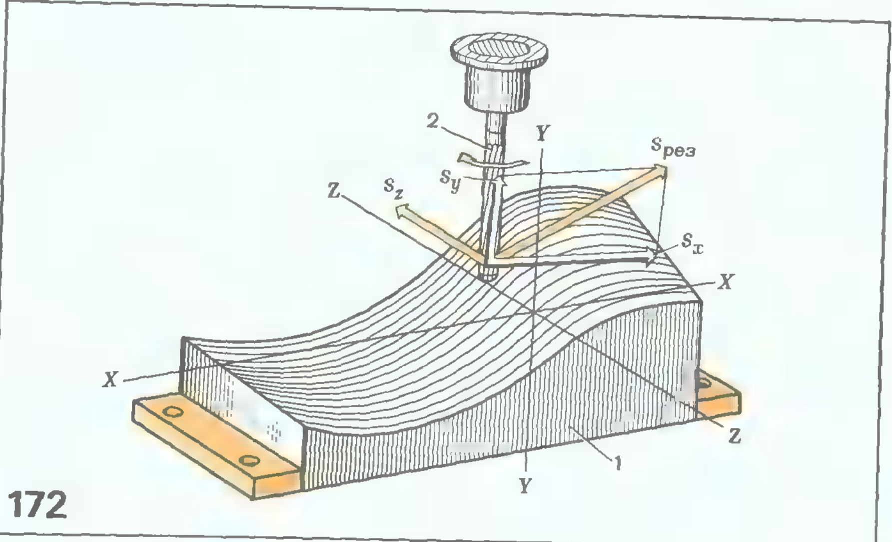




**Рис. 171.** Приемы фрезерования: а — кулачков, б — копиров

**Рис. 172.** Строчечное фрезерование концевой фрезой со сферическим торцом детали вогнуто-выпуклого профиля

В процессе продольного перемещения фреза *2* должна изменять свое положение в направлении оси $Y$ (следящая подача $s_y$). Для перехода к обработке соседнего участка необходимо периодическое смещение фрезы в направлении оси $Z$ (подача $s_z$). Обработку таких профилей в единичном производстве можно производить с использованием специальных приспособлений на фрезерных станках.

**Рис. 173.**
**Строчечная обработка дета[redacted] выпукло-вогнутого профиля [redacted] специальном приспособлении**

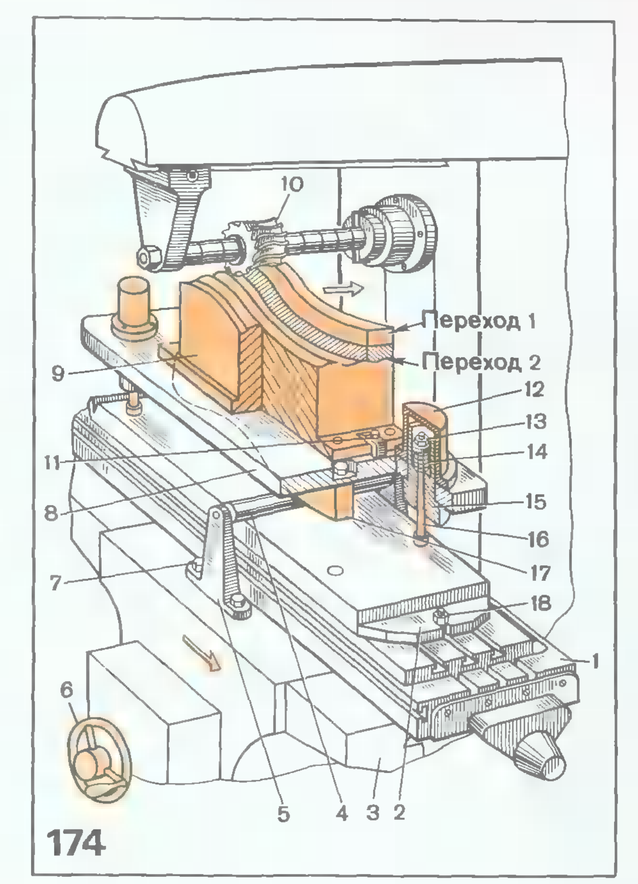



**Рис. 174.**
**Обработка выпукло-вогнутой сопряженной (гофрированной) поверхности пуансона на приспособлении [redacted] амортизационным [redacted] копировал[redacted] устройствами**

Разработано и внедрено в производство простейшее приспособление с амортизационным и копировальным устройством (рис. 173), на котором фрезеруют строчечным методом выпукло-вогнутые поверхности детали. В процессе работы на стол *1* горизонтально-фрезерного станка устанавливают и закрепляют болтами *10* две стойки *9*, в подшипниках которых установлен валик с роликом *22*. Втулки *20* верхней плиты *13* с копиром *11* устанавливают на колонки *21* и очень осторожно опускают плиту, пока поверхность копира *11* не коснется поверхности ролика *22*. Затем на верхнюю плиту *13* укладывают плиту *12* с заготовкой детали *14* и закрепляют плиту в таком положении, чтобы боковые поверхности детали *14* были параллельны боковым поверхностям копира *11*. После этого на боковой стороне станины закрепляют винтами державку *19* с индикатором *18*, и на передней поверхности салазок *2* и консоли *8* закрепляют винтами стойки *3*, *4* и *5* с индикатором *6*.

Следует добавить, что перед окончательной обработкой детали (чистовым строчечным фрезерованием) нужно прошлифовать все шесть сторон заготовки под углом 90°, а криволинейный профиль профрезе-

ровать по разметке, оставив припуск не более 2 мм. Убедившись, что приспособление и быстроходная головка *16* жестко закреплены на станке, приступают к чистовому строчечному фрезерованию. Вначале [redacted] шпиндель головки *16* вставляют фрезу *15* с шаровой головкой, затем с помощью маховичков *7* продольного [redacted] поперечного перемещений стола и маховичка *17* вертикальной подачи шпиндельной головки подводят фрезу *15* [redacted] детали *14*, фрезеруют вначале одну строчку. По индикатору *6* перемещают стол *2* [redacted] себя [redacted] фрезеруют вторую строчку и т. д.; при этом высота гребешков на обрабатываемой поверхности не должна превышать 0,03—0,05 мм. Контроль их высоты осуществляют индикатором *18*.

Криволинейные поверхности незамкнутого контура с прямолинейной образующей могут быть обработаны цилиндрической фрезой. Однако криволинейная поверхность (контур) [redacted] этом случае должна быть образована плавной кривой с достаточно большими радиусами закруглений. Кроме того, ширина обрабатываемых деталей должна перекрываться длиной цилиндрической фрезы. Такие детали можно обрабатывать на горизонтально-фрезерном станке с помощью копировального приспособления.

На рис. 174 показано приспособление с амортизационным [redacted] копировальным устройствами, конструкция которого аналогична описанной выше (см. рис. 173), разница состоит только в том, что [redacted] данном приспособлении усилена спиральная пружина *14* за счет увеличения диаметра проволоки и упрощены стойки *9*, [redacted] вместо ролика установлен каток *4*, вращающийся на осях подшипников (рис. 174).

Установив нижнюю плиту *2* на стол *1* горизонтально-фрезерного станка, ее закрепляют болтами *18*. На нижний стол *3* (салазки) станка устанавливают и закрепляют болтами *7* две стойки *5* с катком *4*. Втулки *15* верхней плиты *8* надевают на колонки *16* [redacted] очень осторожно опускают плиту с копиром *17* на каток *4*. Затем на колонки *16* надевают спиральные пружины *14* с шайбами *13* и закрепляют гайкой, устанавливают цилиндрические колпачки *12* и закрепляют их винтами. На верхнюю плиту приспособления укладывают обрабатываемую заготовку *9* [redacted] закрепляют ее с двух сторон прижимами *11* в таком положении, чтобы профиль направляющей поверхности детали был точно установлен по отношению к профилю копира *17*. Убедившись, что приспособление с заготовкой пуансона установлены правильно и надежно закреплены, устанавливают фасонную фрезу в шпиндель станка [redacted] приступают к обработке заготовки *9*.

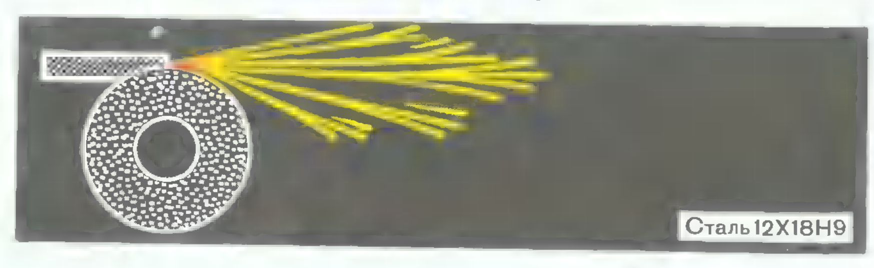
Вначале с помощью маховичка *6* поперечного и продольного перемещений стола и лимба маховичка вертикальной подачи стола подводят заготовку пуансона [redacted] фасонной фрезе *10* [redacted] с небольшой подачей снимают припуск (переход *1*), затем, не меняя установку стола *1* станка, окончательно фрезеруют профиль пуансона (переход *2*).

Ниже приведены приложения 1—4, в которых приведены сведения, необходимые для работы токарей-расточников и фрезеровщиков.

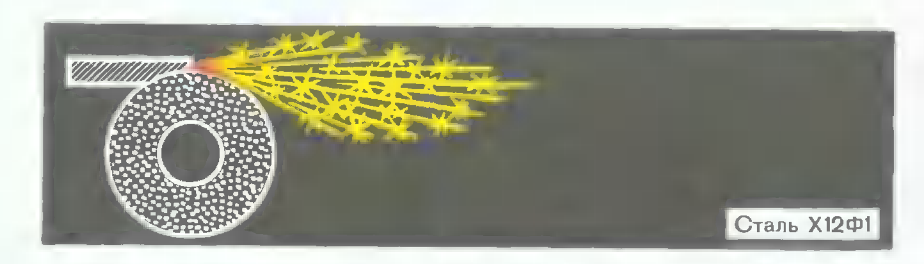
# ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

## Определение марок сталей по цвету искры



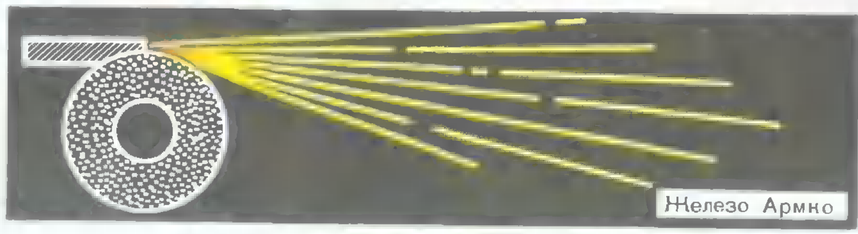

Сталь 12Х18Н9 — искры светло-желтые, короткие, [redacted] небольшом количестве, почти без разветвлений с красно-желтым пучком в конце разветвления [redacted] тремя-пятью мелкими красными крупинками на разветвлениях. В начале искры имеется красно-желтый пучок от прикосновения заготовки [redacted] абразивному кругу



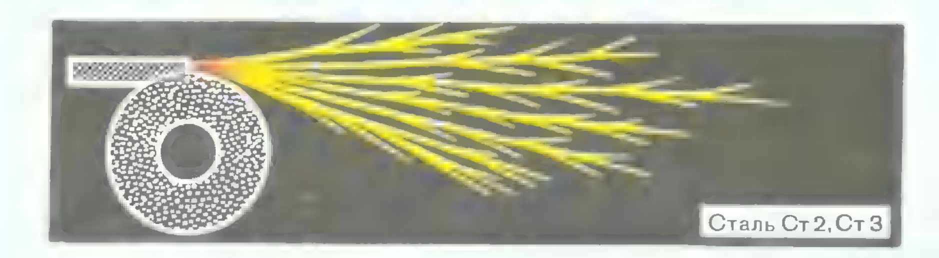

Сталь Х12Ф1 – искры желтые, короткие, густые звёздочки, концы нитей острые с отдельными красными крупинками. В начале искры имеется красно-желтый пучок от прикосновения заготовки к абразивному кругу



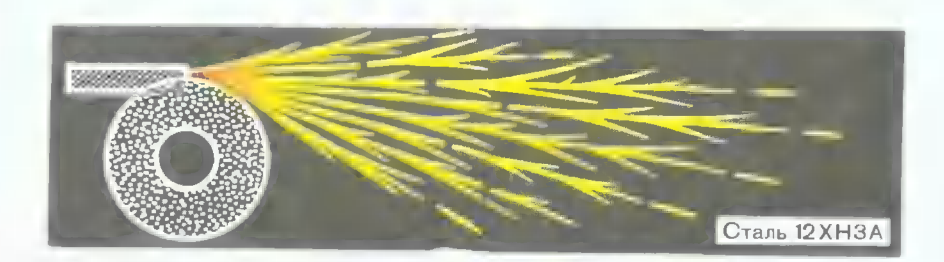

Сталь 12Х13 — искры светло-желтые, короткие, с небольшими пучкообразными разветвлениями, с мелкими красными крупинками. В начале искры имеется красно-желтый пучок от прикосновения заготовки [redacted] абразивному кругу




Железо Армко — искры светло-желтые прямые без разветвлений с двумя-тремя короткими красными нитями в середине. В начале искры имеется красно-желтый пучок от прикосновения заготовки ■ абразивному кругу




Сталь марок Ст2 и Ст3 — искры светло-желтые, разветвления несколько более развиты ■ тоньше, чем сама нить; на концах искр стрелочки, звездочек нет. ■ начале искры имеется красно-желтый пучок от прикосновения заготовки ■ абразивному кругу

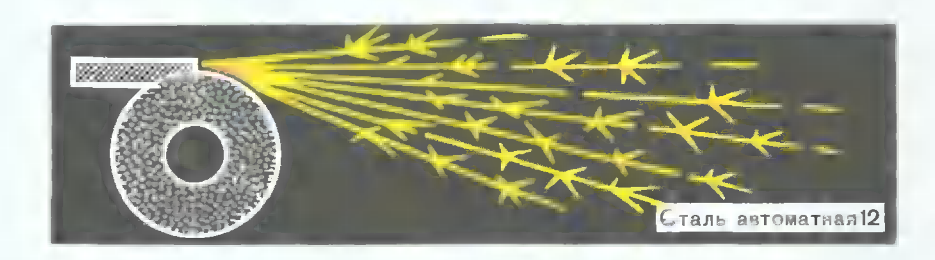



Сталь 12ХН3А — искры желтые, разветвления более развитые и толще, ■ концах искр стрелочки, звездочек нет. ■ начале искры имеется красно-желтый пучок от прикосновения заготовки к абразивному кругу

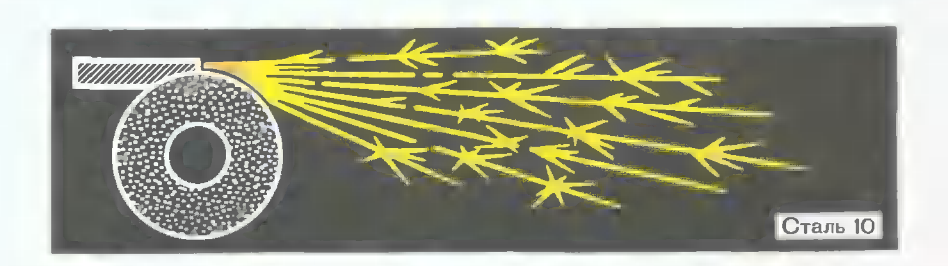




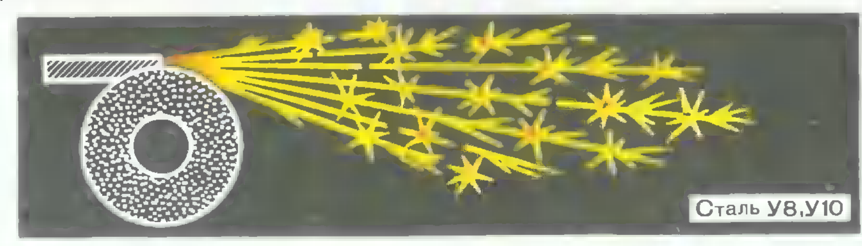

Сталь 4 — искры светло-желтые, разветвления тоньше, чем нити, ■ гуще, чем стали Ст2 и Ст3, звездочек нет. В начале искры имеется красно-желтый пучок от прикосновения заготовки ■ абразивному кругу



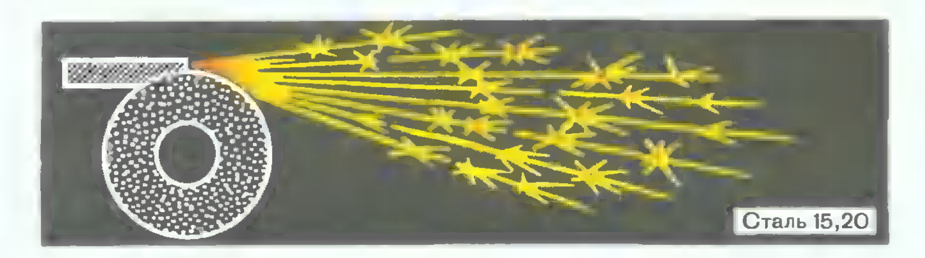

Сталь автоматная 12 — искры светло-желтые с тонкими разветвлениями ■ с большим количеством звездочек: на концах нитей стрелочки, ■ ■ середине некоторых звездочек слабые красно-желтые пучочки. В начале искры имеется красно-желтый пучок от прикосновения заготовки к абразивному кругу



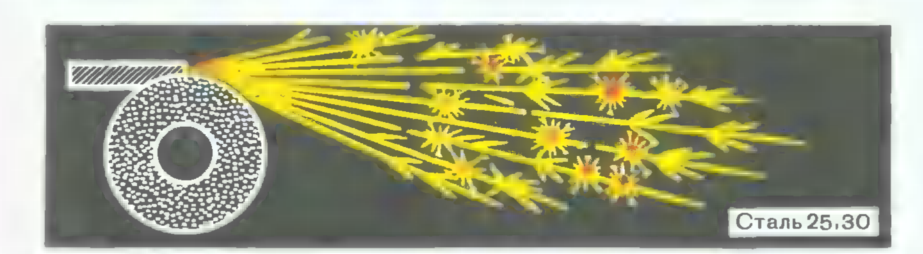

Сталь 10 — искры светло-желтые с малым количеством разветвлений, небольшое количество удлиненных звездочек, кончики нитей острые, в середине некоторых звездочек имеется красно-желтые слабые пучочки. В начале искры имеется красно-желтый пучок от прикосновения заготовки к абразивному кругу




Сталь марок У8, У10 — искры светло-желтые, разветвлений и звездочек больше и крупнее, чем у стали 15 и 20, с большим количеством красно-желтых пучочков в звездочках. В начале искры имеется красно-желтый пучок от прикосновения заготовки к абразивному кругу

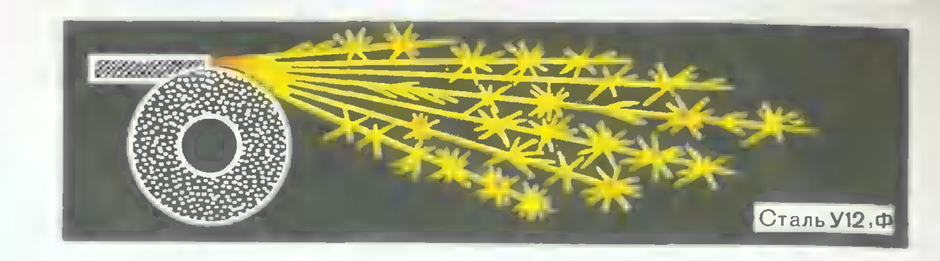



Сталь марок 15, 20 — искры светло-желтые, разветвлений и зведочек больше, чем у стали 10, но красно-желтых пучочков в звездочках меньше трех-пяти. В начале имеется пучок от прикосновения заготовки к абразивному кругу

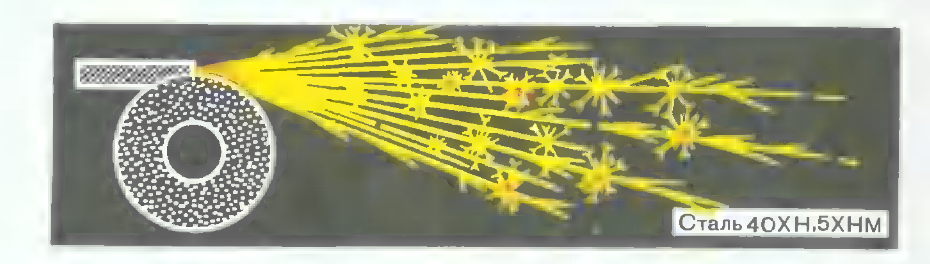



Сталь марок 25, 30 — искры светло-желтые, разветвлений много, густые звездочки, концы нитей тонкие, во многих звездочках имеются красно-желтые крупинки в виде горошинок. В начале искры имеется красно-желтый пучок от прикосновения заготовки к абразивному кругу

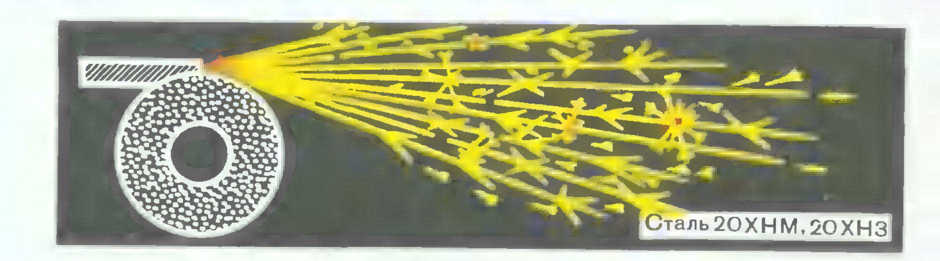




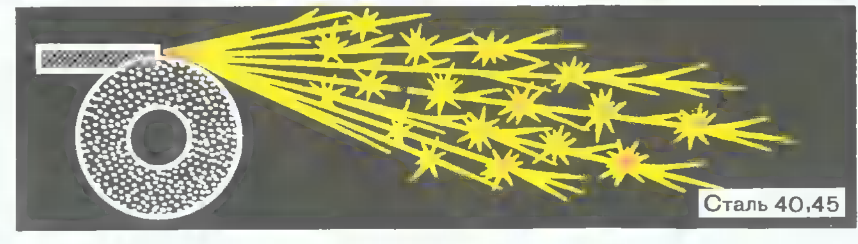

Сталь У12Ф — искры светло-желтые, крупные густые звездочки, в трех-пяти звездочках имеются красно-желтые пучочки. В начале искры имеется красно-желтый пучок от прикосновения заготовки к абразивному кругу



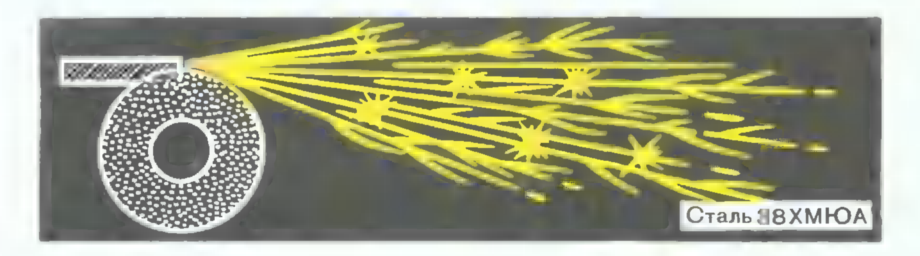

Сталь марок 40ХН, ХНМ — искры светло-желтые, в центре искр выделяются густые звездочки, на концах нитей небольшое количество стрелочек, в некоторых звездочках имеются красные крупинки. В начале искры имеется ярко-красный пучок от прикосновения заготовки к абразивному кругу



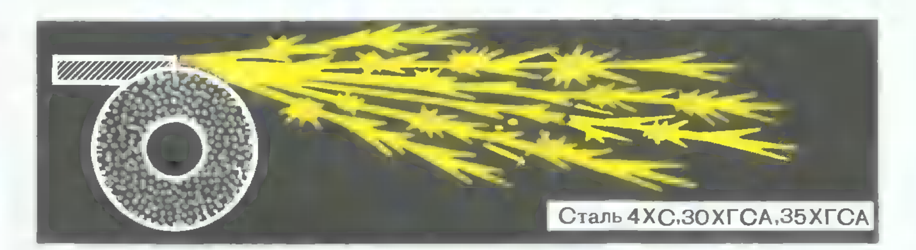

Сталь марок 20ХНМ, 20Н3 — искры желтые, в центре искр выделяется несколько ярких звездочек, на концах искр имеются стрелочки и несколько красных крупинок в звездочках. В начале искры имеется ярко-красный пучок от прикосновения заготовки к абразивному кругу




Сталь марок 40, 45 — искры светло-желтые, разветвления сильно развиты, на разветвлениях имеются крупные звездочки, в центре которых имеются красно-желтые крупинки. В начале искры имеется светло-красный пучок от прикосновения заготовки к абразивному кругу

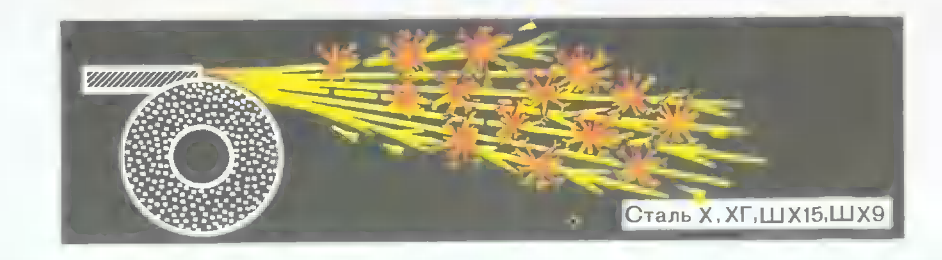



Сталь 38ХМЮА — искры желтые, на концах нитей стрелочки, а в середине нитей имеются несколько крупных звездочек с небольшими красными крупинками. В начале имеется небольшой светло-красный пучок от прикосновения заготовки к абразивному кругу

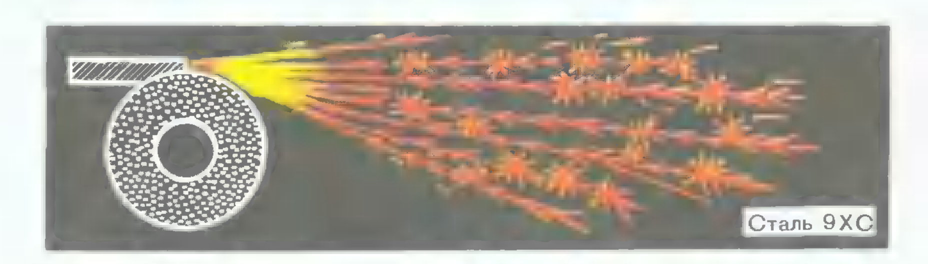



Сталь марок 4ХС, 30ХГСА, 35ХГСА — искры светло-желтые, на концах нитей стрелочки, на разветвлениях выделяется несколько светлых звездочек с небольшими светло-красными крупинками в середине. В начале искры имеется светло-красный пучок от прикосновения заготовки к абразивному кругу

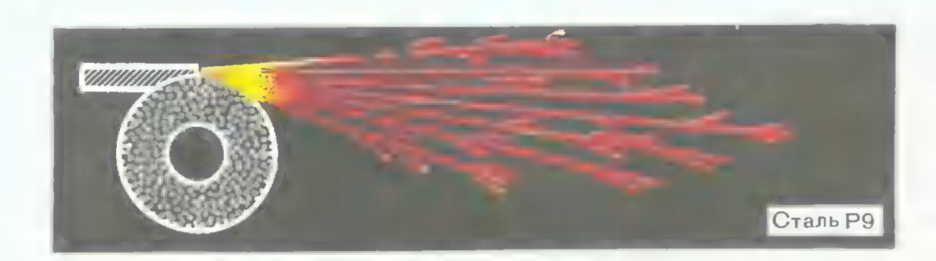





Сталь марок Х, ХГ, ШХ15, ШХ9 — искры желтые, на разветвлениях большое количество крупных светло-красных звездочек с мелкими желтыми крупинками в середине. В начале искры имеется светло-красный пучок от прикосновения заготовки к абразивному кругу



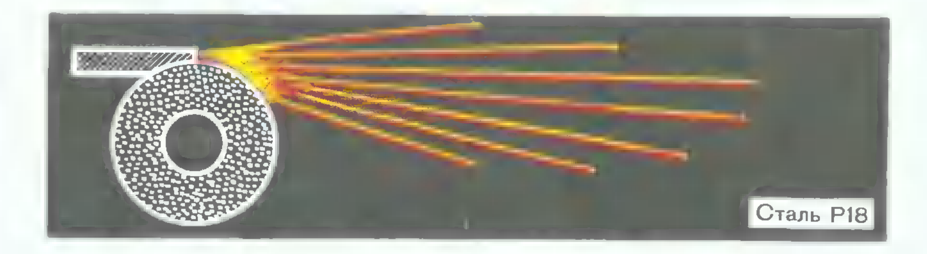

Сталь 9ХС — искры темно-желтые со светло-красными разветвлениями и большим количеством звездочек с желтыми крупинками в середине. В начале искры от прикосновения заготовки к абразивному кругу получаются ярко-красные пучки с переходом на светло-желтые и светло-красные разветвления




Сталь Р9. Первый вид определения — искры светло-малиновые с желто-красным пучком в начале, разветвления простые и редкие с небольшими желто-красными крупинками на концах. В начале искры имеется ярко-красный пучок от прикосновения заготовки к абразивному кругу




Сталь Р9. Второй вид определения искры темно-малиновые. нити с ярким желто-красным пучком в начале, разветвления с крупинками на кончиках, с редкими и мелкими разветвлениями. В начале искры имеется ярко-красный пучок от прикосновения заготовки к абразивному кругу

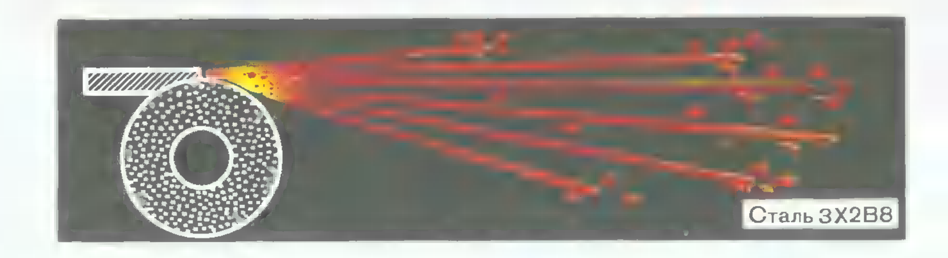



Сталь Р18. Первый вид определения — искры темно-малиновые с желто-красным пучком в начале, нити прямолинейные, без разветвлений с одной-двумя светло-желтыми крупинками, на концах пучка искры. В начале искры имеется светло-желтый пучок от прикосновения заготовки к абразивному кругу

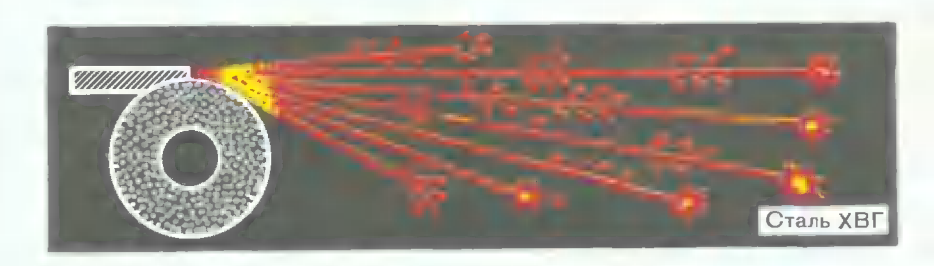



Сталь Р18. Второй вид определения — искры темно-малиновые с желто-красным пучком в начале, на концах двух-трех нитей небольшие разветвления, с светло-желтыми крупинками на концах пучка. В начале искры имеется ярко-красный пучок от прикосновения заготовки к абразивному кругу

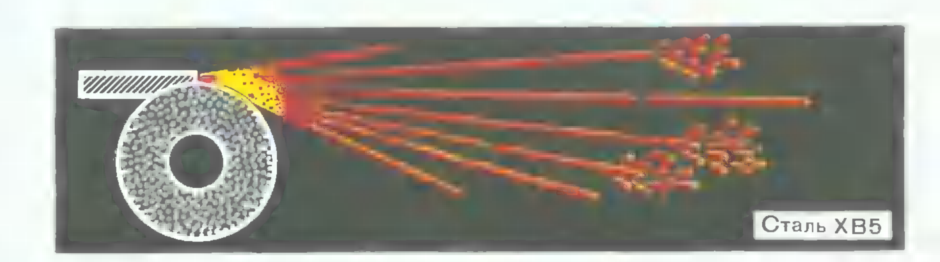





Сталь 3Х2В8 – искры темно-малиновые, нити длинные с ярким желто-красным пучком в конце нитей; в пучке имеются крупинки со светло-желтыми кончиками, с редкими и мелкими разветвлениями. В начале искры имеется ярко-красно-желтый пучок от прикосновения заготовки к абразивному кругу




Сталь ХВГ – искры темно-малиновые, светлые и яркие разветвления с мелкими отдельными желто-красными пучками и крапинками. На концах коротких и длинных нитей имеются ярко-красные звездочки со светло-желтыми крупинками в середине. В начале искры имеется ярко-красно-желтый пучок от прикосновения заготовки к абразивному кругу




Сталь ХВ5 – искры темно-малиновые, разветвления с желто-красными пучками и крупинках на концах, некоторые нити более светлые и яркие. В начале искры имеется ярко-красно-желтый пучок от прикосновения заготовки к абразивному кругу

## Характеристика цветов побежалостей стальных деталей при закалке

| Характеристика цветов | Цвет | Температура,С | Наименование деталей | Правильно | Неправильно |
|---|---|---|---|---|---|
| Темно-коричневый | | 530–550 | Изделия | | |
| Коричневый | | 550–630 | Пуансоны | | |
| Светло-коричневый | | 630–680 | Изделия | | |
| Темно-красный | | 680–740 | Матрицы | | |
| Темно-вишневый–красный | | 740–780 | Изделия | | |
| Светло-вишневый–красный | | 780–810 | Пуансоны | | |
| Светло-красный | | 810–850 | Матрицы | | |
| Темно-оранжевый | | 850–900 | Пуансоны | | |
| Оранжевый | | 900–950 | Режущий инструмент | | |
| Светло-оранжевый | | 950–1000 | | | |
| Темно-желтый | | 1000–1100 | Пуансоны | | |
| Желтый | | 1100–1200 | Матрицы | | |
| Светло-желтый | | 1200–1300 | Режущий инструмент | | |



Полный отжиг применяют для получения мелкозернистой структуры, снятия внутренних напряжений; после такого отжига сталь становится мягкой и вязкой. Полный отжиг осуществляется путем нагрева стали на 30–50 С выше точки $Ac_3$, выдержке при этой температуре и последующего медленного охлаждения вместе с печью. Время выдержки при нагреве должно быть достаточным для прогрева детали по всему сечению. В таблице приложения 3 показана последовательность появления цветов побежалости при отжиге деталей.

Неполный отжиг применяют для снятия внутренних напряжений, снижения твердости и улучшения обрабатываемости стали. Детали при таком отжиге нагревают на 30–50 С выше точки $Ac_1$, выдерживают при этой температуре и медленно охлаждают. Неполному отжигу подвергают стали с содержанием углерода более 0,8%.

## Характеристика цветов побежалости стальных деталей при отжиге и отпуске

| Характеристика цветов | Цвет | Температура, С° | Наименование деталей |
|---|---|---|---|
| Бело желтый | | 200 | Пуансоны Матрицы |
| Слабо-желтый | | 220 | |
| Соломено-желтый | | 230 | |
| Коричнево-желтый | | 240 | Пуансоны Матрицы |
| Светло-коричневый | | 250 | |
| Коричневый | | 260 | |
| Коричнево-красный | | 270 | Пуансоны |
| Вишневый | | 280 | |
| Фиолетово-синий | | 290 | Матрицы |
| Темно-синий | | 300 | Режущий инотрумент |
| Васильково-синий | | 320 | |
| Светло-голубой | | 340 | |
| Серый | | 360 | |





## Таблица синусов, косинусов, тангенсов и котангенсов для набора концевых мер при настройке синусных линеек и координатно-расточных и фрезерных станках

| Угол, град | Синусы | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | |
| 0 | 0,0000 | 0,0029 | 0,0058 | 0,0087 | 0,0116 | 0,0145 | 0,0175 | 89 |
| 1 | 0,0175 | 0,0204 | 0,0233 | 0,0262 | 0,0291 | 0,0320 | 0,0349 | 88 |
| 2 | 0,0349 | 0,0378 | 0,0407 | 0,0436 | 0,0465 | 0,0494 | 0,0523 | 87 |
| 3 | 0,0523 | 0,0552 | 0,0581 | 0,0610 | 0,0640 | 0,0669 | 0,0698 | 86 |
| 4 | 0,0698 | 0,0727 | 0,0756 | 0,0785 | 0,0814 | 0,0843 | 0,0872 | 85 |
| 5 | 0,0872 | 0,0901 | 0,0929 | 0,0958 | 0,0987 | 0,1016 | 0,1045 | 84 |
| 6 | 0.1045 | 0,1074 | 0,1103 | 0,1132 | 0,1161 | 0,1190 | 0,1219 | 83 |
| 7 | 0,1219 | 0,1248 | 0,1276 | 0,1305 | 0,1334 | 0,1363 | 0,1392 | 82 |
| [illegible] | 0,1392 | 0,1421 | 0,1449 | 0,1478 | 0,1507 | 0,1636 | 0,1564 | 81 |
| 9 | 0,1564 | 0,1593 | 0,1622 | 0,1650 | 0,1679 | 0,1708 | 0,1736 | 80 |
| 10 | 0,1736 | 0,1765 | 0,1794 | 0,1822 | 0,1851 | 0,1880 | 0.1908 | 79 |
| 11 | 0,1908 | 0,1937 | 0,1965 | 0,1994 | 0,2022 | 0,2051 | 0,2079 | 78 |
| 12 | 0,2079 | 0,2108 | 0,2136 | 0,2164 | 0,2193 | 0,2221 | 0,2250 | 77 |
| 13 | 0,2250 | 0,2278 | 0,2306 | 0,2334 | 0,2363 | 0,2391 | 0,2419 | 76 |
| 14 | 0,2419 | 0,2447 | 0,2476 | 0,2504 | 0,2532 | 0,2560 | 0,2588 | 75 |
| 15 | 0,2588 | 0,2616 | 0,2644 | 0,2672 | 0,2700 | 0,2728 | 0,2756 | 74 |
| 16 | 0,2756 | 0.2784 | 0,2812 | 0,2840 | 0,2868 | 0,2896 | 0,2924 | 73 |
| 17 | 0,2924 | 0,2952 | 0,2979 | 0,3007 | 0,3035 | 0,3062 | 0,3090 | 72 |
| 18 | 0,3090 | 0,3118 | 0,3145 | 0,3173 | 0,3201 | 0,3228 | 0,3256 | 71 |
| 19 | 0,3256 | 0,3283 | 0,3311 | 0,3338 | 0.3365 | 0,3393 | 0,3420 | 70 |
| 20 | 0,3420 | 0,3448 | 0,3475 | 0,3502 | 0,3529 | 0,3557 | 0,3584 | 69 |
| 21 | 0,3584 | 0,3611 | 0,3638 | 0,3665 | 0,3692 | 0,3719 | 0,3746 | 68 |
| 22 | 0,3746 | 0,3773 | 0,3800 | 0,3827 | 0,3854 | 0,3881 | 0,3907 | 67 |
| 23 | 0,3907 | 0,3934 | 0,3961 | 0,3987 | 0,4014 | 0,4041 | 0,4067 | 66 |
| 24 | 0,4067 | 0,4094 | 0,4120 | 0,4147 | 0,4173 | 0,4200 | 0,4226 | 65 |
| 25 | 0.4226 | 0,4253 | 0,4279 | 0,4305 | 0,4331 | 0,4358 | 0,4384 | 64 |
| 26 | 0,4384 | 0,4410 | 0,4436 | 0,4462 | 0,4488 | 0,4514 | 0,4540 | 63 |
| 27 | 0,4540 | 0,4566 | 0,4592 | 0,4617 | 0,4643 | 0,4669 | 0,4695 | 62 |
| 28 | 0,4695 | 0,4720 | 0,4746 | 0,4772 | 0,4797 | 0,4823 | 0,4848 | 61 |
| 29 | 0,4848 | 0,4874 | 0,4899 | 0,4924 | 0,4950 | 0,4975 | 0,5000 | 60 |
| 30 | 0,5000 | 0.5025 | 0,5050 | 0,5075 | 0,5100 | 0,5125 | 0,5150 | 59 |
| 31 | 0,5150 | 0,5175 | 0,5200 | 0,5225 | 0,5250 | 0,5275 | 0,5299 | 58 |
| 32 | 0,5299 | 0,5324 | 0,5348 | 0,5373 | 0,5398 | 0,5422 | 0,5446 | 57 |
| 33 | 0,5446 | 0,5471 | 0,5495 | 0,5519 | 0,5544 | 0,5568 | 0,5592 | 56 |
| 34 | 0,5592 | 0,5616 | 0,5640 | 0,5664 | 0.5688 | 0,5712 | 0,5736 | 55 |
| 35 | 0,5736 | 0.5760 | 0,5783 | 0,5807 | 0,5831 | 0,5854 | 0,5878 | 54 |
| 36 | 0,5878 | 0,5901 | 0,5925 | 0,5948 | 0,5972 | 0,5995 | 0,6018 | 53 |
| 37 | 0,6018 | 0,6041 | 0,6065 | 0,6088 | 0,6111 | 0,6134 | 0,6157 | 52 |
| 38 | 0,6157 | 0,6180 | 0,6202 | 0,6225 | 0,6248 | 0,6271 | 0,6293 | 51 |
| 39 | 0,6293 | 0,6316 | 0,6338 | 0,6361 | 0,6383 | 0,6406 | 0,6428 | 50 |
| 40 | 0,6428 | 0.6450 | 0,6472 | 0,6494 | 0,6517 | 0,6539 | 0,6561 | 49 |
| 41 | 0,6561 | 0,6583 | 0,6604 | 0,6626 | 0,6648 | 0,6670 | 0,6691 | 48 |
| 42 | 0,6691 | 0,6713 | 0,6734 | 0,6756 | 0,6777 | 0,6799 | 0,6820 | 47 |
| 43 | 0.6820 | 0,6841 | 0,6862 | 0,6884 | 0,6905 | 0,6926 | 0,6947 | 46 |
| | 60′ | 50 | 40 | 30 | 20 | 10 | 0 | Угол, град |
| | Косинусы | | | | | | | |

| Угол, град | Синусы | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0′ | 10′ | 20′ | 30′ | 40′ | 50′ | 60′ | |
| 44 | 0,6947 | 0,6967 | 0,6988 | 0,7009 | 0,7030 | 0,7050 | 0,7071 | 45 |
| 45 | 0,7071 | 0,7092 | 0,7112 | 0,7133 | 0,7153 | 0,7173 | 0,7193 | 44 |
| 46 | 0,7193 | 0,7214 | 0,7234 | 0,7254 | 0,7274 | 0,7294 | 0,7314 | 43 |
| 47 | 0,7314 | 0,7333 | 0,7353 | 0,7373 | 0,7392 | 0,7412 | 0,7431 | 42 |
| 48 | 0,7431 | 0,7451 | 0,7470 | 0,7490 | 0,7509 | 0,7528 | 0,7547 | 41 |
| 49 | 0,7547 | 0,7566 | 0,7585 | 0,7604 | 0,7623 | 0,7642 | 0,7660 | 40 |
| 50 | 0,7660 | 0,7679 | 0,7698 | 0,7716 | 0,7735 | 0,7753 | 0,7771 | 39 |
| 51 | 0,7771 | 0,7790 | 0,7808 | 0,7826 | 0,7844 | 0,7862 | 0,7880 | 38 |
| 52 | 0,7880 | 0,7898 | 0,7916 | 0,7934 | 0,7951 | 0,7969 | 0,7986 | 37 |
| 53 | 0,7986 | 0,8004 | 0,8021 | 0,8039 | 0,8056 | 0,8073 | 0,8090 | 36 |
| 54 | 0,8090 | 0,8107 | 0,8124 | 0,8141 | 0,8158 | 0,8175 | 0,8192 | 35 |
| 55 | 0,8192 | 0,8208 | 0,8225 | 0,8241 | 0,8258 | 0,8274 | 0,8290 | 34 |
| 56 | 0,8290 | 0,8307 | 0,8323 | 0,8339 | 0,8355 | 0,8371 | 0,8387 | 33 |
| 57 | 0,8387 | 0,8403 | 0,8418 | 0,8434 | 0,8450 | 0,8465 | 0,8480 | 32 |
| 58 | 0,8480 | 0,8496 | 0,8511 | 0,8526 | 0,8542 | 0,8557 | 0,8572 | 31 |
| 59 | 0,8572 | 0,8587 | 0,8601 | 0,8616 | 0,8631 | 0,8646 | 0,8660 | 30 |
| 60 | 0,8660 | 0,8675 | 0,8689 | 0,8704 | 0,8718 | 0,8732 | 0,8746 | 29 |
| 61 | 0,8746 | 0,8760 | 0,8774 | 0,8788 | 0,8802 | 0,8816 | 0,8829 | 28 |
| 62 | 0,8829 | 0,8843 | 0,8857 | 0,8870 | 0,8884 | 0,8897 | 0,8910 | 27 |
| 63 | 0,8910 | 0,8923 | 0,8936 | 0,8949 | 0,8962 | 0,8975 | 0,8988 | 26 |
| 64 | 0,8988 | 0,9001 | 0,9013 | 0,9026 | 0,9038 | 0,9051 | 0,9063 | 25 |
| 65 | 0,9063 | 0,9075 | 0,9088 | 0,9100 | 0,9112 | 0,9124 | 0,9135 | 24 |
| 66 | 0,9135 | 0,9147 | 0,9159 | 0,9171 | 0,9182 | 0,9194 | 0,9205 | 23 |
| 67 | 0,9205 | 0,9216 | 0,9228 | 0,9239 | 0,9250 | 0,9261 | 0,9272 | 22 |
| 68 | 0,9272 | 0,9283 | 0,9293 | 0,9304 | 0,9315 | 0,9325 | 0,9336 | 21 |
| 69 | 0,9336 | 0,9346 | 0,9356 | 0,9367 | 0,9377 | 0,9387 | 0,9397 | 20 |
| 70 | 0,9397 | 0,9407 | 0,9417 | 0,9426 | 0,9436 | 0,9446 | 0,9455 | 19 |
| 71 | 0,9455 | 0,9465 | 0,9474 | 0,9483 | 0,9492 | 0,9502 | 0,9511 | 18 |
| 72 | 0,9511 | 0,9520 | 0,9528 | 0,9537 | 0,9546 | 0,9555 | 0,9563 | 17 |
| 73 | 0,9563 | 0,9572 | 0,9580 | 0,9588 | 0,9596 | 0,9605 | 0,9613 | 16 |
| 74 | 0,9613 | 0,9621 | 0,9628 | 0,9636 | 0,9644 | 0,9652 | 0,9659 | 15 |
| 75 | 0,9659 | 0,9667 | 0,9674 | 0,9681 | 0,9689 | 0,9696 | 0,9703 | 14 |
| 76 | 0,9703 | 0,9710 | 0,9717 | 0,9724 | 0,9730 | 0,9737 | 0,9744 | 13 |
| 77 | 0,9744 | 0,9750 | 0,9757 | 0,9763 | 0,9769 | 0,9775 | 0,9781 | 12 |
| 78 | 0,9781 | 0,9787 | 0,9793 | 0,9799 | 0,9805 | 0,9811 | 0,9816 | 11 |
| 79 | 0,9816 | 0,9822 | 0,9827 | 0,9833 | 0,9838 | 0,9843 | 0,9848 | 10 |
| 80 | 0,9848 | 0,9853 | 0,9858 | 0,9863 | 0,9868 | 0,9872 | 0,9877 | 9 |
| 81 | 0,9877 | 0,9881 | 0,9886 | 0,9890 | 0,9894 | 0,9899 | 0,9903 | 8 |
| 82 | 0,9903 | 0,9907 | 0,9911 | 0,9914 | 0,9918 | 0,9922 | 0,9925 | 7 |
| 83 | 0,9925 | 0,9929 | 0,9932 | 0,9936 | 0,9939 | 0,9942 | 0,9945 | 6 |
| 84 | 0,9945 | 0,9948 | 0,9951 | 0,9954 | 0,9957 | 0,9959 | 0,9962 | 5 |
| 85 | 0,9962 | 0,9964 | 0,9967 | 0,9969 | 0,9971 | 0,9974 | 0,9976 | 4 |
| 86 | 0,9976 | 0,9978 | 0,9980 | 0,9981 | 0,9983 | 0,9985 | 0,9986 | 3 |
| 87 | 0,9986 | 0,9988 | 0,9989 | 0,9990 | 0,9992 | 0,9993 | 0,9994 | 2 |
| 88 | 0,9994 | 0,9995 | 0,9996 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9998 | 0,9998 | 1 |
| 89 | 0,9998 | 0,9999 | 0,9999 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0 |
| | 60′ | 50′ | 40′ | 30′ | 20′ | 10′ | 0′ | Угол, град |
| | Косинусы | | | | | | | |

| Угол, град | Тангенсы | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0′ | 10′ | 20′ | 30′ | 40′ | 50′ | 60′ | |
| 0 | 0,0000 | 0,0029 | 0,0058 | 0,0087 | 0,0116 | 0,0145 | 0,0175 | 89 |
| 1 | 0,0175 | 0,0204 | 0,0233 | 0,0262 | 0,0291 | 0,0320 | 0,0349 | 88 |
| 2 | 0,0349 | 0,0378 | 0,0407 | 0,0437 | 0,0466 | 0,0495 | 0,0524 | 87 |
| 3 | 0,0524 | 0,0553 | 0,0582 | 0,0612 | 0,0641 | 0,0670 | 0,0699 | 86 |
| 4 | 0,0699 | 0,0729 | 0,0758 | 0,0787 | 0,0816 | 0,0846 | 0,0875 | 85 |
| 5 | 0,0875 | 0,0904 | 0,0934 | 0,0963 | 0,0992 | 0,1022 | 0,1051 | 84 |
| 6 | 0,1051 | 0,1080 | 0,1110 | 0,1139 | 0,1169 | 0,1198 | 0,1228 | 83 |
| 7 | 0,1228 | 0,1257 | 0,1287 | 0,1317 | 0,1346 | 0,1376 | 0,1405 | 82 |
| 8 | 0,1405 | 0,1435 | 0,1465 | 0,1495 | 0,1524 | 0,1554 | 0,1584 | 81 |
| 9 | 0,1584 | 0,1614 | 0,1644 | 0,1673 | 0,1703 | 0,1733 | 0,1763 | 80 |
| 10 | 0,1763 | 0,1793 | 0,1823 | 0,1853 | 0,1883 | 0,1914 | 0,1944 | 79 |
| 11 | 0,1944 | 0,1974 | 0,2004 | 0,2035 | 0,2065 | 0,2095 | 0,2126 | 78 |
| 12 | 0,2126 | 0,2156 | 0,2186 | 0,2217 | 0,2247 | 0,2278 | 0,2309 | 77 |
| 13 | 0,2309 | 0,2339 | 0,2370 | 0,2401 | 0,2432 | 0,2462 | 0,2493 | 76 |
| 14 | 0,2493 | 0,2524 | 0,2555 | 0,2586 | 0,2617 | 0,2648 | 0,2679 | 75 |
| 15 | 0,2679 | 0,2711 | 0,2742 | 0,2773 | 0,2805 | 0,2836 | 0,2867 | 74 |
| 16 | 0,2867 | 0,2899 | 0,2931 | 0,2962 | 0,2994 | 0,3026 | 0,3057 | 73 |
| 17 | 0,3057 | 0,3089 | 0,3121 | 0,3153 | 0,3185 | 0,3217 | 0,3249 | 72 |
| 18 | 0,3249 | 0,3281 | 0,3314 | 0,3346 | 0,3378 | 0,3411 | 0,3443 | 71 |
| 19 | 0,3443 | 0,3476 | 0,3508 | 0,3541 | 0,3574 | 0,3607 | 0,3640 | 70 |
| 20 | 0,3640 | 0,3673 | 0,3706 | 0,3739 | 0,3772 | 0,3805 | 0,3839 | 69 |
| 21 | 0,3839 | 0,3872 | 0,3906 | 0,3939 | 0,3973 | 0,4006 | 0,4040 | 68 |
| 22 | 0,4040 | 0,4074 | 0,4108 | 0,4142 | 0,4176 | 0,4210 | 0,4245 | 67 |
| 23 | 0,4245 | 0,4279 | 0,4314 | 0,4348 | 0,4383 | 0,4417 | 0,4452 | 66 |
| 24 | 0,4452 | 0,4487 | 0,4522 | 0,4557 | 0,4592 | 0,4628 | 0,4663 | 65 |
| 25 | 0,4663 | 0,4699 | 0,4734 | 0,4770 | 0,4806 | 0,4841 | 0,4877 | 64 |
| 26 | 0,4877 | 0,4913 | 0,4950 | 0,4986 | 0,5022 | 0,5059 | 0,5095 | 63 |
| 27 | 0,5095 | 0,5132 | 0,5169 | 0,5206 | 0,5243 | 0,5280 | 0,5317 | 62 |
| 28 | 0,5317 | 0,5354 | 0,5392 | 0,5430 | 0,5467 | 0,5505 | 0,5543 | 61 |
| 29 | 0,5543 | 0,5581 | 0,5619 | 0,5658 | 0,5696 | 0,5735 | 0,5774 | 60 |
| 30 | 0,5774 | 0,5812 | 0,5851 | 0,5890 | 0,5930 | 0,5969 | 0,6009 | 59 |
| 31 | 0,6009 | 0,6048 | 0,6088 | 0,6128 | 0,6168 | 0,6208 | 0,6249 | 58 |
| 32 | 0,6249 | 0,6289 | 0,6330 | 0,6371 | 0,6412 | 0,6453 | 0,6494 | 57 |
| 33 | 0,6494 | 0,6536 | 0,6577 | 0,6619 | 0,6661 | 0,6703 | 0,6745 | 56 |
| 34 | 0,6745 | 0,6787 | 0,6830 | 0,6873 | 0,6916 | 0,6959 | 0,7002 | 55 |
| 35 | 0,7002 | 0,7046 | 0,7089 | 0,7133 | 0,7177 | 0,7221 | 0,7265 | 54 |
| 36 | 0,7265 | 0,7310 | 0,7355 | 0,7400 | 0,7445 | 0,7490 | 0,7536 | 53 |
| 37 | 0,7536 | 0,7581 | 0,7627 | 0,7673 | 0,7720 | 0,7766 | 0,7813 | 52 |
| 38 | 0,7813 | 0,7860 | 0,7907 | 0,7954 | 0,8002 | 0,8050 | 0,8098 | 51 |
| 39 | 0,8098 | 0,8146 | 0,8195 | 0,8243 | 0,8292 | 0,8342 | 0,8391 | 50 |
| 40 | 0,8391 | 0,8441 | 0,8491 | 0,8541 | 0,8591 | 0,8642 | 0,8693 | 49 |
| 41 | 0,8693 | 0,8744 | 0,8796 | 0,8847 | 0,8899 | 0,8952 | 0,9004 | 48 |
| 42 | 0,9004 | 0,9057 | 0,9110 | 0,9163 | 0,9217 | 0,9271 | 0,9325 | 47 |
| 43 | 0,9325 | 0,9380 | 0,9435 | 0,9490 | 0,9545 | 0,9601 | 0,9657 | 46 |
| 44 | 0,9657 | 0,9713 | 0,9770 | 0,9827 | 0,9884 | 0,9942 | 1,000 | 45 |
| 45 | 1,0000 | 1,0058 | 1,0117 | 1,0176 | 1,0236 | 1,0295 | 1,0355 | 44 |
| 46 | 1,0355 | 1,0416 | 1,0477 | 1,0538 | 1,0599 | 1,0661 | 1,0724 | 43 |
| 47 | 1,0724 | 1,0786 | 1,0850 | 1,0913 | 1,0977 | 1,1041 | 1,1106 | 42 |
| | 60′ | 50′ | 40′ | 30′ | 20′ | 10′ | 0′ | Угол, град |
| | Котангенсы | | | | | | | |

| Угол, град | Тангенсы | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0′ | 10′ | 20′ | 30′ | 40′ | 50′ | 60′ | |
| 48 | 1,1106 | 1,1171 | 1,1237 | 1,1303 | 1,1369 | 1,1436 | 1,1504 | 41 |
| 49 | 1,1504 | 1,1571 | 1,1640 | 1,1708 | 1,1778 | 1,1847 | 1,1918 | 40 |
| 50 | 1,1918 | 1,1988 | 1,2059 | 1,2131 | 1,2203 | 1,2276 | 1,2349 | 39 |
| 51 | 1,2349 | 1,2423 | 1,2497 | 1,2572 | 1,2647 | 1,2723 | 1,2799 | 38 |
| 52 | 1,2799 | 1,2876 | 1,2954 | 1,3032 | 1,3111 | 1,3190 | 1,3270 | 37 |
| 53 | 1,3270 | 1,3351 | 1,3432 | 1,3514 | 1,3597 | 1,3680 | 1,3764 | 36 |
| 54 | 1,3764 | 1,3848 | 1,3933 | 1,4020 | 1,4106 | 1,4193 | 1,4282 | 35 |
| 55 | 1,4281 | 1,4370 | 1,4460 | 1,4550 | 1,4641 | 1,4733 | 1,4826 | 34 |
| 56 | 1,4826 | 1,4919 | 1,5013 | 1,5108 | 1,5204 | 1,5301 | 1,5399 | 33 |
| 57 | 1,5399 | 1,5497 | 1,5597 | 1,5697 | 1,5798 | 1,5900 | 1,6003 | 32 |
| 58 | 1,6003 | 1,6107 | 1,6212 | 1,6319 | 1,6426 | 1,6534 | 1,6643 | 31 |
| 59 | 1,6643 | 1,6753 | 1,6864 | 1,6977 | 1,7090 | 1,7205 | 1,7320 | 30 |
| 60 | 1,732 | 1,744 | 1,756 | 1,767 | 1,780 | 1,792 | 1,804 | 29 |
| 61 | 1,804 | 1,816 | 1,829 | 1,842 | 1,855 | 1,868 | 1,881 | 28 |
| 62 | 1,881 | 1,894 | 1,907 | 1,921 | 1,935 | 1,949 | 1,963 | 27 |
| 63 | 1,963 | 1,977 | 1,991 | 2,006 | 2,020 | 2,035 | 2,050 | 26 |
| 64 | 2,050 | 2,066 | 2,081 | 2,097 | 2,112 | 2,128 | 2,145 | 25 |
| 65 | 2,145 | 2,161 | 2,177 | 2,194 | 2,211 | 2,229 | 2,246 | 24 |
| 66 | 2,246 | 2,264 | 2,282 | 2,300 | 2,318 | 2,337 | 2,356 | 23 |
| 67 | 2,356 | 2,375 | 2,394 | 2,414 | 2,434 | 2,455 | 2,475 | 22 |
| 68 | 2,475 | 2,496 | 2,517 | 2,539 | 2,560 | 2,583 | 2,605 | 21 |
| 69 | 2,605 | 2,628 | 2,651 | 2,675 | 2,699 | 2,723 | 2,747 | 20 |
| 70 | 2,747 | 2,773 | 2,798 | 2,824 | 2,850 | 2,877 | 2.904 | 19 |
| 71 | 2,904 | 2,932 | 2,960 | 2,989 | 3,018 | 3,047 | 3,078 | 18 |
| 72 | 3,078 | 3,108 | 3,140 | 3,172 | 3,204 | 3,237 | 3,271 | 17 |
| 73 | 3,271 | 3,305 | 3,340 | 3,376 | 3,412 | 3,450 | 3,487 | 16 |
| 74 | 3,487 | 3,526 | 3,566 | 3,606 | 3,647 | 3,689 | 3,732 | 15 |
| 75 | 3,732 | 3,776 | 3,821 | 3,867 | 3,914 | 3,962 | 4,011 | 14 |
| 76 | 4,011 | 4,061 | 4,113 | 4,165 | 4,219 | 4,275 | 4,331 | 13 |
| 77 | 4,331 | 4,390 | 4,449 | 4,511 | 4,574 | 4,638 | 4,705 | 12 |
| 78 | 4,705 | 4,773 | 4,843 | 4,915 | 4,989 | 5,066 | 5,145 | 11 |
| 79 | 5,145 | 5,226 | 5,309 | 5,396 | 5,485 | 5,576 | 5,671 | 10 |
| 80 | 5,671 | 5,769 | 5,871 | 5,976 | 6,084 | 6,197 | 6,314 | 9 |
| 81 | 6,314 | 6,435 | 6,561 | 6,691 | 6,827 | 6,968 | 7,115 | 8 |
| 82 | 7,115 | 7,269 | 7,429 | 7,596 | 7,770 | 7,953 | 8,144 | 7 |
| 83 | 8,144 | 8,345 | 8,556 | 8,777 | 9,010 | 9,255 | 9,514 | 6 |
| 84 | 9,514 | 9,788 | 10,078 | 10,385 | 10,712 | 11,059 | 11,430 | 5 |
| 85 | 11,430 | 11,826 | 12,251 | 12,706 | 13,197 | 13,727 | 14,301 | 4 |
| 86 | 14,301 | 14,924 | 15,605 | 16,350 | 17,169 | 18,075 | 19,081 | 3 |
| 87 | 19,081 | 20,206 | 21,470 | 22,904 | 24,542 | 26,432 | 28,636 | 2 |
| 88 | 28,636 | 31,242 | 34,368 | 38,188 | 42,964 | 49,104 | 57,290 | 1 |
| 89 | 57,290 | 68,75 | 85,94 | 114,59 | 171,89 | 343,77 | | 0 |
| | 60′ | 50′ | 40′ | 30′ | 20′ | 10′ | 0′ | Угол, град. |
| | Котангенсы | | | | | | | |

# СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. **Аршинов В. А., Алексеев Г. А.** Резание металлов и режущий инструмент. М., Машиностроение, 1974, 440 с.
2. **Барбашев Ф. А.** Фрезерное дело. М., Высшая школа, 1975, 248 с.
3. **Денежный П. М., Тхор И. Е., Тискин Г. М.** Токарное дело. М., Высшая школа, 1976, 264 с.
4. **Муштаев А. М.** Фрезеровщик-расточник. М., Высшая школа, 1977, 180 с.
5. **Плотицын В. Г.** Наладка фрезерных станков. 1., Машиностроение, 1976, 208 с.
6. **Ситанов И. Я.** Определение марки стали по искре. М., Машиностроение, 1968, 16 с.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ИБ № 1846

**Степан Петрович Григорьев,**
**Валерий Степанович Григорьев**

# ПРАКТИКА КООРДИНАТНО-РАСТОЧНЫХ И ФРЕЗЕРНЫХ РАБОТ

Редактор *Л. И. Воронина*
Художественный редактор *В. В. Лебедев*
Технический редактор *Л. А. Макарова*
Корректор *И. М. Борейша*
Художники *Г. Д. Целищев, В. Г. Целищев*

Сдано в набор 21.11.78. Подписано в печать 04.09.79. Т-16804. Формат 60×90/16. Бумага типографская № 3. Гарнитура таймс. Печать офсетная. Усл. печ. л. 14,5. Уч.-изд. л. 15,2. Тираж 20000 экз. Заказ 911. Цена 70 к.

Текст набран на фотонаборных машинах.

Издательство «Машиностроение», 107885, Москва, ГСП-6, 1-й Басманный пер., 3.

Ярославский полиграфкомбинат Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 150014, г. Ярославль, ул. Свободы, 97.